

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Problematika provozu fotovoltaických elektráren
Photovoltaic Power Plant Operation Problems

2012

Bc. Jan Kavalír

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Kavalír**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Problematika provozu fotovoltaických elektráren.
Photovoltaic Power Plant Operation Problems.**

Zásady pro vypracování:

1. Fotovoltaika v ČR.
2. Obecný popis vybraných FVE.
3. Analýza soudobosti dodávky činného výkonu.
4. Vyhodnocení provozu z hlediska bilance jalového výkonu.
5. Posouzení možnosti eliminace negativních vlivů.
1. Solar Power in Czech Republic.
2. General Description of Selected Photovoltaic Power Plants.
3. Analysis of Active Power Real Time Production.
4. Analysis of Reactive Power Balance.
5. Review of Back Influences Elimination Possibilities.


Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NASA Surface meteorology and Solar Energy [online]. 2011-[cit. 2011-02-16] Available from: <<http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&step=1&submit=Submit>>
[2] Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps [online]. 2011-[cit. 2011-03-20] Available from: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>.
[3] KREJCI, P., PROKOP, L., MISAK, S. Analysis of Long Time WPP Power Flows Measurement. In Rusek, S., Gono, R. (Eds.). 10th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2009. 2009, ISBN 978-80-248-1947-1, p. 373-378


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011
Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny podklady, které byly použity při vypracování této práce.

Datum odevzdání diplomové práce: 04. 05. 2012

Bc. Jan Kavalír

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce **Ing. Lukášovi Prokopovi, Ph.D.** za odborné vedení a veškerou pomoc při vypracování diplomové práce. Dále děkuji celé své rodině, která mi poskytovala podporu po dobu mého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou provozu fotovoltaických elektráren. V úvodu je přehled událostí kolem fotovoltaiky v České republice, popis výběru elektráren určených ke sledování a rozboru jak činného, tak jalového výkonu. Podrobně je analyzována soudobost činného výkonu v několika skutečných i nasimulovaných dějích. Jalový výkon je analyzován při odběru a i dodávce jalového výkonu, popsán je způsob vyhodnocování, penalizace a návrh řešení na odstranění nedodržení účinníku a nevyžádané dodávky jalového výkonu do distribuční sítě. Také je proveden detailní rozbor činného a jalového výkonu jedné FVE včetně určení výkonnosti a vyčíslení penalizačních plateb. Posouzena je možnost eliminace negativních vlivů.

Abstract

This diploma thesis deals with the issues of the operation of photovoltaic power plants. In the introduction you can see the overall picture of the photovoltaic business in the Czech Republic, the description of the selection of power plants (power stations) earmarked for the monitoring and analysing of both active and reactive power. The isochronicity of active power is analysed in detail in a few real and simulated situations. Reactive power is examined at time of supply and consumption. Described is also the method of evaluation, sanctioning as well as a draft solution for the elimination of incorrect power factor and unwanted supply of reactive power to the distribution network. Next, active and reactive power for one photovoltaic power plant is examined in more detail including the quantification of the output and the calculation of penalties. Focus is also on the elimination of adverse impacts.

Klíčová slova

Legislativa, zákon, vyhláška, fotovoltaická elektrárna (FVE), dodávka činného výkonu (-A), odběr činného výkonu (+A), dodávka jalového výkonu při dodávce činného odběru (-Ri), odběr jalového výkonu při dodávce činného výkonu (+Rc), dodávka jalového výkonu při odběru činného výkonu (-Rc), odběr jalového výkonu při odběru činného výkonu (+Ri), soudobost, účinník, kompenzační zařízení, regulátor jalového výkonu.

Key Words

Legislature, act, decree, photovoltaic power plant (station), supply of active power (-A), consumption of active power (+A), supply of reactive power at supply of active power (-Ri), consumption of reactive power at supply of active power (+Rc), supply of reactive power at consumption of active power (-Rc), consumption of reactive power at consumption of active power, isochronicity, power factor, PFC, reactive power regulator.

Seznam použitých symbolů a zkratek

| | |
|-----------------------|---|
| ČHMÚ | – Český hydrometeorologický úřad |
| ČR | – Česká republika |
| DS | – distribuční soustava - propojený soubor vedení s provozním napětím 110kV a nižším |
| ES | – elektrizační soustava |
| ERÚ | – energetický regulační úřad |
| FVE | – fotovoltaická elektrárna |
| HDO | – hromadné dálkové ovládání |
| Měřicí zařízení | – elektroměry, spínací prvky, modem, měřicí transformátory včetně spojovacích vedení pro přenos naměřených hodnot |
| MTN | – měřicí transformátor napětí |
| MTP | – měřicí transformátor proudu |
| Odběratel kategorie A | – konečný zákazník připojený k DS s napětím mezi fázemi vyšším než 52kV |
| Odběratel kategorie B | – konečný zákazník připojený k DS s napětím mezi fázemi od 1kV do 52kV včetně |
| OPM | – odběrné, předávací místo |
| PDS | – poskytovatel distribuční soustavy |
| PPDS | – pravidla provozování distribuční soustavy |
| VVN | – velmi vysoké napětí |
| VN | – vysoké napětí |
| +A | – odběr činného výkonu |
| –A | – dodávka činného výkonu |
| +Rc | – odběr jalového výkonu při dodávce činného výkonu |
| –Rc | – dodávka jalového výkonu při odběru činného výkonu |
| +Ri | – odběr jalového výkonu při odběru činného výkonu |
| –Ri | – dodávka jalového výkonu při dodávce činného výkonu |

Seznam obrázků

obr. 0-1 Fotovoltaická elektrárna

obr. 1-1 Vývoj počtu FVE a instalovaného výkonu v ČR [8]

obr. 1-2 Počet FVE umístěných v jednotlivých krajích ČR

obr. 1-3 Instalovaný výkon FVE v MW v jednotlivých krajích ČR

obr. 3-1 Graf dodávané energie z nejzápadnější a nejvýchodnější FVE v ČR

obr. 3-2 Rozdíl v čase náběhů FVE

obr. 3-3 Rozdíl v čase vypnutí FVE

obr. 3-4 Slunečno nad celou ČR

obr. 3-5 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při slunečném dni

obr. 3-6 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech za slunečného dne

obr. 3-7 Zataženo nad lokalitou Západ

obr. 3-8 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Západ

obr. 3-9 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Západ

obr. 3-10 Zataženo nad lokalitou Střed

obr. 3-11 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Střed

obr. 3-12 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Střed

obr. 3-13 Zataženo nad lokalitou Východ

obr. 3-14 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Východ

obr. 3-15 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Východ

obr. 3-16 Zataženo nad lokalitou Morava

obr. 3-17 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Morava

obr. 3-18 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Morava

obr. 3-19 Zataženo nad celou ČR

obr. 3-20 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zataženém dni

obr. 3-21 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech za zataženého dne

obr. 4-1 Zobrazení jednotlivých kvadrantů dodávky a odběru činného a jalového výkonu

obr. 4-2 Závislost výšky napětí na charakteru jalového výkonu

obr. 4-3 Zapojení regulátoru mezi FVE a transformátor

obr. 4-4 Průměrné naměřené hodnoty odběru jalového výkonu $+R_c$ při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

obr. 4-5 Průměrné naměřené hodnoty dodávky jalového výkonu $-R_i$ při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

obr. 5-1 Průměrné naměřené hodnoty dodávky činného výkonu za jednotlivé měsíce

obr. 5-2 Počet změn za období 1 rok v procentech

obr. 5-3 Počet naměřených jednotek ($\frac{1}{4}max.$) rozdělených podle četnosti $N(-)$ a velikosti P/P_N (%)

obr. 5-4 Průměrné naměřené hodnoty odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

obr. 5-5 Průměrné naměřené hodnoty dodávky jalového výkonu při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

obr. 5-6 Průměrné naměřené hodnoty odběru činného výkonu za jednotlivé měsíce

obr. 5-7 Průměrné naměřené hodnoty odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu za jednotlivé měsíce

obr. 5-8 Průměrné naměřené hodnoty dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu za jednotlivé měsíce

Seznam tabulek

- tab. 1-1 Roční statistika počtu FVE a instalovaného výkonu
- tab. 1-2 Počet FVE umístěných v jednotlivých krajích ČR včetně instalovaného výkonu [8]
- tab. 1-3 Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření
- tab. 2-1 Přehled oslovených k poskytnutí naměřených dat a počet získaných
- tab. 2-2 Přehled celkového a sledovaného instalovaného výkonu FVE v jednotlivých krajích ČR v MW a jejich podíl v %
- tab. 2-3 Lokalita Západ - získaná data
- tab. 2-4 Lokalita Střed – získaná data
- tab. 2-5 Lokalita Východ – získaná data
- tab. 2-6 Lokalita Morava – získaná data
- tab. 3-1 Přehled změn míry oblačnosti nad ČR za období jednoho roku zanalyzovaný z naměřených dat
- tab. 3-2 Počet dní s různou mírou oblačnosti v jednotlivých lokalitách
- tab. 4-1 Přehled dodávky jalového výkonu při dodávce činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 4-2 Přehled odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 4-3 Přehled dodávky činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 4-4 Výpočet $\cos \varphi$ pro druhý kvadrant při $+R_c$ a $-A$
- tab. 4-5 Výpočet $\cos \varphi$ pro třetí kvadrant při $-R_i$ a $-A$
- tab. 4-6 Vypočtené penalizační částky za nedodržení účinníku, nevyžádanou dodávku jalového výkonu do DS při $-A$
- tab. 4-7 Přehled odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 4-8 Přehled dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 4-9 Přehled odběru činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 4-10 Výpočet $\cos \varphi$ pro čtvrtý kvadrant při $-R_c$ a $+A$
- tab. 4-11 Výpočet $\cos \varphi$ pro první kvadrant při $+R_i$ a $+A$
- tab. 4-12 Vypočtené penalizační částky za nedodržení účinníku, nevyžádanou dodávku jalového výkonu do DS při $+A$
- tab. 5-1 Přehled dodávky činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 5-2 Přehled odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za a jednotlivé měsíce, včetně penalizace
- tab. 5-3 Přehled dodávky jalového výkonu při dodávce činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce, včetně penalizace
- tab. 5-4 Přehled odběru činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce
- tab. 5-5 Přehled odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce, včetně penalizace
- tab. 5-6 Přehled dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Fotovoltaika v ČR..... | 2 |
| 1.1 | Jeden z netradičních zdrojů (elektrické) energie..... | 2 |
| 1.2 | Dostupnost solární energie v ČR..... | 3 |
| 1.3 | Výhody, nevýhody fotovoltaiky..... | 6 |
| 1.4 | Legislativa..... | 6 |
| 1.5 | Podpora výkupu | 6 |
| 2 | Obecný popis vybraných FVE | 7 |
| 2.1 | Výběr fotovoltaických elektráren dle technických parametrů | 11 |
| 2.2 | Výběr fotovoltaických elektráren dle polohy | 11 |
| 2.2.1 | <i>Lokalita Západ (I) – získaná data.....</i> | <i>12</i> |
| 2.2.2 | <i>Lokalita Střed (II) – získaná data.....</i> | <i>13</i> |
| 2.2.3 | <i>Lokalita Východ (III) – získaná data.....</i> | <i>14</i> |
| 2.2.4 | <i>Lokalita Morava (IV) – získaná data.....</i> | <i>15</i> |
| 3 | Analýza soudobosti dodávky činného výkonu..... | 16 |
| 3.1 | Vyhodnocení náběhu dodávky činného výkonu u nejzápadnější a nejvýchodnější FVE v ČR 16 | |
| 3.2 | Posouzení soudobosti při různých frontálních oblačnostech | 18 |
| 3.2.1 | <i>Jasno v celé ČR</i> | <i>18</i> |
| 3.2.2 | <i>Částečné zastínění území ČR.....</i> | <i>20</i> |
| 3.2.3 | <i>Zataženo v celé ČR.....</i> | <i>26</i> |
| 3.3 | Výčet výskytu různých intenzit oblačnosti na základě analýzy naměřených dat z FVE | 29 |
| 4 | Vyhodnocení provozu z hlediska bilance jalového výkonu..... | 30 |
| 4.1 | Obecné | 30 |
| 4.1.1 | <i>Názvosloví – krátké definice vybraných odborných pojmů</i> | <i>30</i> |
| 4.1.2 | <i>Požadavky na výrobce elektriny</i> | <i>31</i> |
| 4.2 | Proč regulovat jalový, popřípadě činný výkon..... | 31 |
| 4.2.1 | <i>Kompenzace.....</i> | <i>32</i> |
| 4.2.2 | <i>Dekompenzace.....</i> | <i>32</i> |
| 4.3 | Bilance FVE z hlediska jalových výkonů | 32 |
| 4.4 | Návrh regulátoru jalového výkonu..... | 33 |
| 4.4.1 | <i>Hybridní regulátor jalového výkonu.....</i> | <i>34</i> |
| 4.5 | Posouzení dodávky a odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu | 35 |

| | | |
|-----------------|--|------------------|
| <u>5</u> | <u>Posouzení možnosti eliminace negativních vlivů.....</u> | <u>43</u> |
| 5.1 | Detailní rozbor jedné FVE s instalovaným výkonem 1087 kW | 43 |
| 5.1.1 | <i>Použité komponenty, získaná a naměřená data.....</i> | 43 |
| 5.1.2 | <i>Posouzení výnosnosti Performance Ratio(výkon, výsledek a ratio poměr, podíl).....</i> | 43 |
| 5.1.3 | <i>Vyhodnocení dodávky činného výkonu v závislosti na jednotlivých měsících v roce..</i> | 44 |
| 5.1.4 | <i>Vyhodnocení odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu.....</i> | 47 |
| 5.1.5 | <i>Vyhodnocení odběru činného výkonu v závislosti na jednotlivých měsících v roce</i> | 49 |
| 5.1.6 | <i>Vyhodnocení odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu.....</i> | 51 |
| 5.1.7 | <i>Vyhodnocení dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu.....</i> | 53 |
| 5.2 | Posouzení negativních vlivů nesoudobosti dodávky činného výkonu | 54 |
| 5.3 | Posouzení negativních vlivů dodávky a odběru jalové energie | 55 |
| <u>6</u> | <u>Závěr.....</u> | <u>55</u> |
| <u>7</u> | <u>Seznam literatury</u> | <u>56</u> |

Úvod

Využívání obnovitelných zdrojů začalo již před tisíciletími (plachetnice starých Féničanů, čínské vodní kolo) a pokračovalo před staletími stavbou větrných mlýnů a vodních elektráren. Jedním z nejvíce se rozvíjejícím druhem obnovitelných zdrojů je výroba elektrické energie z fotovoltaických elektráren.

Fotovoltaika je výroba elektrické energie ze slunečního záření. Toto označení – fotovoltaika – se skládá ze dvou slov: řeckého „phos“ = světlo a ze jména italského fyzika Alessandra Volty. Objev fotovoltaického jevu se připisuje Alexandru Edmondovi Becquerelovi již z roku 1839. V roce 1904 jej fyzikálně popsal Albert Einstein a v roce 1921 mu byla za objev zákona fotoelektrického efektu udělena Nobelova cena. První pokusy s fotočlánky se datují do 70. let 19. století, již v roce 1883 byl sestrojen první selenový článek. V roce 1941 začal rozvoj křemíkových solárních článků. První skutečný fotovoltaický článek z krystalického křemíku byl vyroben v roce 1954 a měl účinnost 6%.

Větší rozvoj fotovoltaiky začíná v 60. letech s nástupem kosmického výzkumu, sluneční články slouží jako zdroj energie pro družice.

Další výzkum a rozvoj fotovoltaiky zintenzivnila celosvětová ropná krize v roce 1973.

Mezi vedoucí státy, které se zabývají využitím alternativních zdrojů energie, patří zejména Německo, USA a Japonsko. [13]



obr. 0-1 Fotovoltaická elektrárna

1 Fotovoltaika v ČR

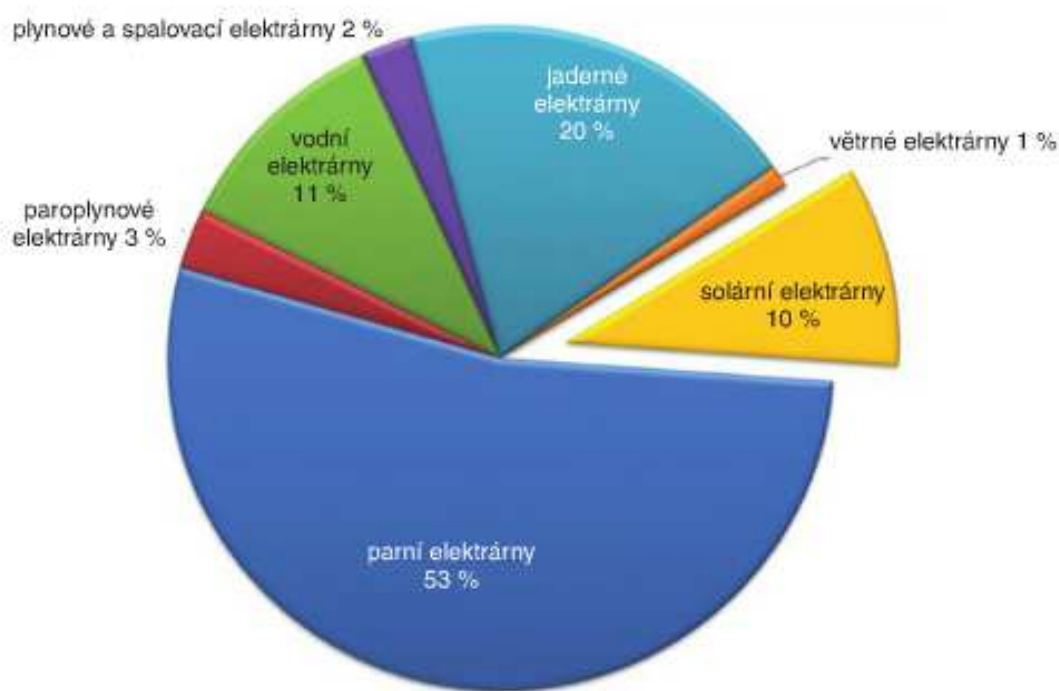
Fotovoltaika – technologie, která umožňuje výrobu elektrické energie přímo ze slunečního záření. Z tohoto hlediska lze fotovoltaiku chápat jako technologii s neomezeným růstovým potenciálem a časově neomezenou možností výroby elektrické energie.

Tato technologie patří mezi nejvíce se rozvíjející způsoby získávání elektřiny z obnovitelných zdrojů energie na Zemi, které jsou podporovány státem dle zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie.

Od roku 2009, kdy došlo ke skokovému snížení ceny fotovoltaických panelů na trhu, se návratnost investice do fotovoltaiky v České republice snížila z plánovaných 15 let na zhruba 6-7 let a nadále náklady na jejich pořízení klesají. [11]

1.1 Jeden z netradičních zdrojů (elektrické) energie

V ČR je elektrická energie získávána z několika zdrojů: z parních elektráren, jaderných elektráren, vodních elektráren, solárních elektráren, paroplynových elektráren, plynových a spalovacích elektráren a elektráren větrných. Následující graf uvádí podíl instalovaných výkonů jednotlivých zdrojů na celkovém instalovaném výkonu v ČR. [11]



obr. 1-1 Rozdělení instalovaného výkonu 20,25 GW v ES ČR ke konci roku 2011

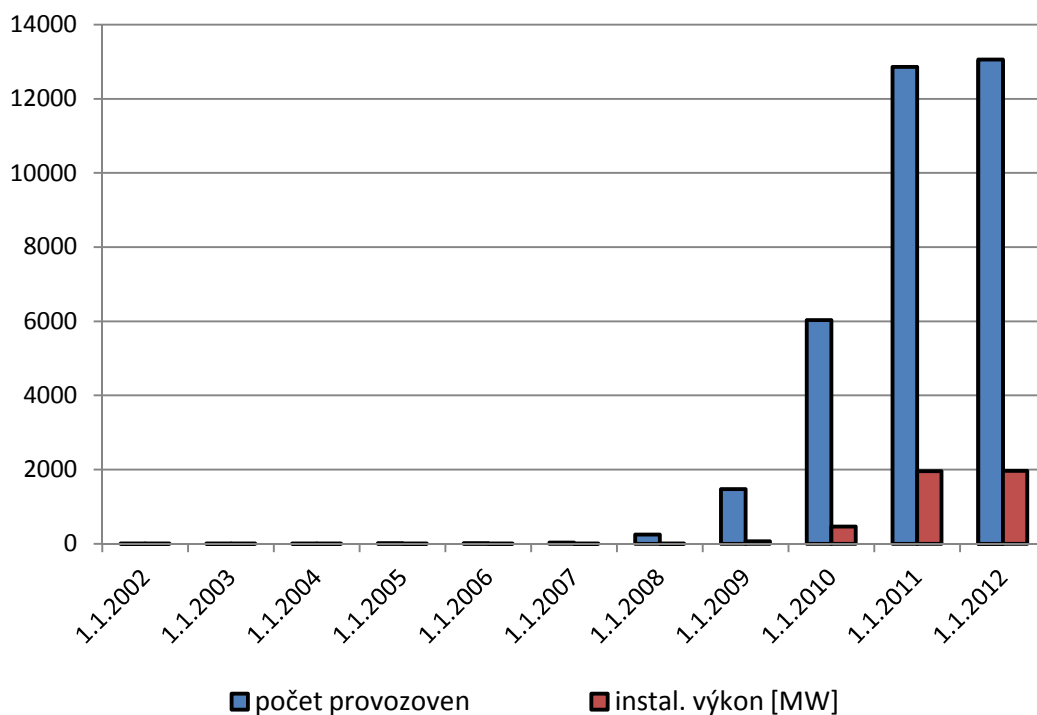
1.2 Dostupnost solární energie v ČR

Dostupnost solární energie v ČR je samozřejmě ovlivněna mnoha faktory. Patří mezi ně především zeměpisná šířka, roční doba, oblačnost, lokální podmínky, sklon plochy na níž sluneční záření dopadá a další. Zajímavým faktem nicméně zůstává, že se údaje o slunečním záření v ČR z jednotlivých zdrojů v mnohém liší. Shrňme-li dosud publikované informace, dojdeme k následujícím výsledkům:

- V ČR dopadne ročně na 1m² vodorovné plochy zhruba 950 – 1340 kWh energie.
- Roční množství slunečních hodin se pohybuje v rozmezí 1331 – 1844 hod (ČHMÚ), odborná literatura uvádí jako průměrné rozmezí 1600 – 2100 hod.

Z hlediska praktického využití pak platí, že z jedné instalované kilowaty běžného systému lze za rok získat v průměru 800 – 1250 kWh elektrické energie. [13]

Vývoj počtu provozoven a instalovaného výkonu v ČR uvádí následující graf.



obr. 1-1 Vývoj počtu FVE a instalovaného výkonu v ČR [8]

tab. 1-1 Roční statistika počtu FVE a instalovaného výkonu

| FVE | 1.1. 2002 | 1.1. 2003 | 1.1. 2004 | 1.1. 2005 | 1.1. 2006 | 1.1. 2007 | 1.1. 2008 | 1.1. 2009 | 1.1. 2010 | 1.1. 2011 | 1.1. 2012 | 1.4. 2012 |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Počet provozoven | 1 | 1 | 2 | 9 | 12 | 28 | 249 | 1475 | 6032 | 12861 | 13029 | 13062 |
| Instalovaný výkon /MW/ | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,12 | 0,15 | 0,35 | 3,4 | 65,74 | 462,92 | 1954,9 | 1960,8 | 1962,1 |

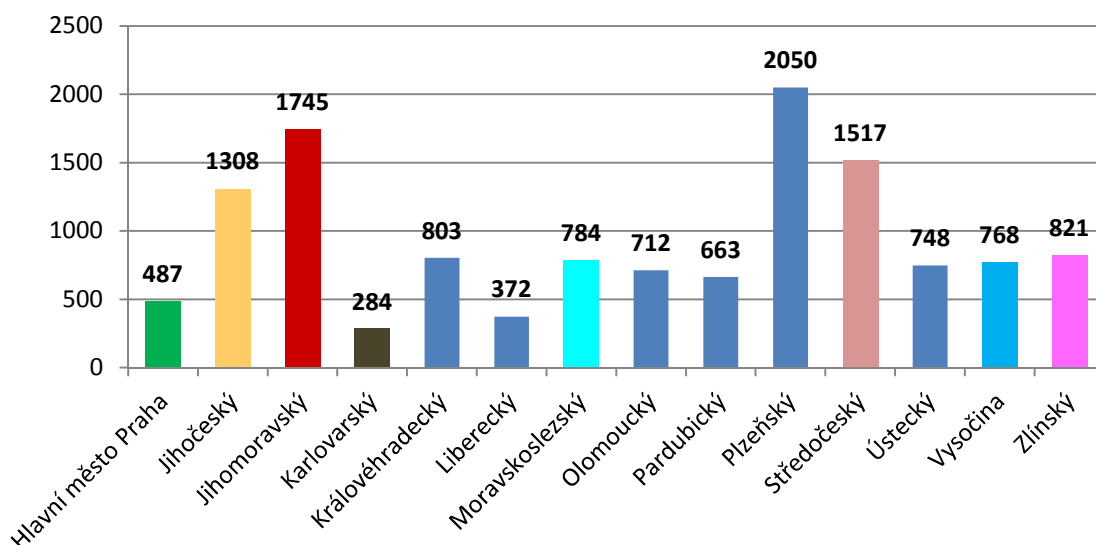
Z tabulky 1-1 je patrné, že počet instalovaných elektráren od roku 2002 až do roku 2007 byl v počtu jednotek až desítek. Technologie byla velice drahá a zkušenosti minimální. Do stavby FVE se spíše pouštěli distribuční společnosti, organizace zabývající se výzkumem a další. Instalované výkony byly v řádech jednotek. Od roku 2008 se počet instalovaných FVE začal zvyšovat po stovkách až do roku 2010, kdy meziroční nárůst byl o 6829. Instalované výkony také rostly. Na rodinné domky výkony kolem 5 až 10kW zůstaly, ale FVE budované na volných prostranstvích dosahovaly výkonů až desítek MW.

tab. 1-2 Počet FVE umístěných v jednotlivých krajích ČR včetně instalovaného výkonu [8]

| Kraj | FVE do 0,1 MW | | FVE od 0,1 -1 MW | | FVE nad 1 MW | | FVE po krajích | | |
|-----------------------|---------------|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|
| | Počet | Instal. výkon /MW/ | Počet | Instal. výkon /MW/ | Počet | Instal. výkon /MW/ | Celkový počet | Celkový výkon /MW/ | Celkový výkon /‰/ |
| Hlavní město Praha | 471 | 5,6 | 14 | 3,9 | 2 | 5,5 | 487 | 15 | 0,8 |
| Jihočeský | 1142 | 13,9 | 96 | 40,2 | 70 | 181 | 1308 | 235 | 12,0 |
| Jihomoravský | 1457 | 16 | 162 | 72,5 | 126 | 357 | 1745 | 445,5 | 22,7 |
| Karlovarský | 268 | 3,2 | 13 | 5,3 | 3 | 4,8 | 284 | 13,3 | 0,7 |
| Královéhradecký | 720 | 8,5 | 64 | 21,8 | 19 | 44 | 803 | 74,3 | 3,8 |
| Liberecký | 323 | 3,2 | 34 | 15 | 15 | 88,4 | 372 | 106,6 | 5,4 |
| Moravskoslezský | 730 | 12,6 | 45 | 17,9 | 9 | 17,8 | 784 | 48,3 | 2,5 |
| Olomoucký | 600 | 8,6 | 81 | 32,4 | 31 | 66,9 | 712 | 107,9 | 5,5 |
| Pardubický | 598 | 6,8 | 43 | 16,5 | 22 | 62,9 | 663 | 86,1 | 4,4 |
| Plzeňský | 1894 | 17,7 | 113 | 53,8 | 43 | 123,8 | 2050 | 195,3 | 10,0 |
| Středočeský | 1296 | 18,4 | 165 | 69,1 | 56 | 146,2 | 1517 | 233,7 | 11,9 |
| Ústecký | 644 | 6,3 | 55 | 22,5 | 49 | 139,5 | 748 | 168,2 | 8,6 |
| Vysočina | 661 | 10,2 | 87 | 29,3 | 20 | 38,4 | 768 | 77,9 | 4,0 |
| Zlínský | 710 | 8,2 | 69 | 33,3 | 42 | 113,3 | 821 | 154,9 | 7,9 |
| CELKEM | 11514 | 139,1 | 1041 | 433,5 | 507 | 1389,5 | 13062 | 1962,0 | 100,0 |

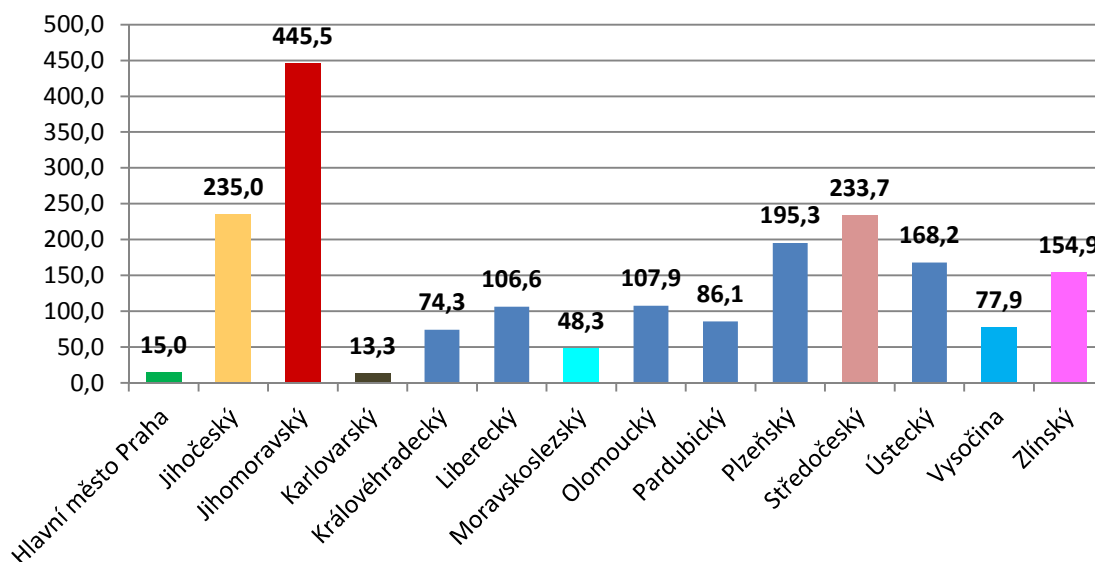
V tabulce 1-2, kde je rozdělený počet a instalovaný výkon FVE je patrné, že nejvyšší počet instalovaných FVE s výkonem do 0,1MW je v Plzeňském kraji a nejméně v Karlovarském kraji. FVE s výkonem 0,1 – 1MW je nejvíce ve Středočeském kraji a nejméně v Karlovarském kraji. U výkonů nad 1MW je nejvíce FVE v Jihomoravském kraji a nejméně v Hlavním městě Praze. Nejlepší podmínky z hlediska slunečního osvětlení pro získávání solární energie jsou v Jihomoravském kraji.

V tomto kraji je také nainstalovaný nejvyšší výkon FVE ze všech krajů v ČR. Počet instalací je nejvíce v Plzeňském kraji. Tyto údaje jsou pro přehlednost zobrazeny v následujících grafech na obr.1-2 a 1-3.



obr. 1-2 Počet FVE umístěných v jednotlivých krajích ČR

Z uvedeného grafu 1-3 je patrné, že největší počet instalací FVE je v Plzeňském kraji, nejmenší počet instalací je v Karlovarském kraji.



obr. 1-3 Instalovaný výkon FVE v MW v jednotlivých krajích ČR

Z uvedeného grafu obr. 1-3 je patrné, že největší instalovaný výkon FVE je v Jihomoravském kraji, nejmenší v Karlovarském kraji.

1.3 Výhody, nevýhody fotovoltaiky

Obrovské množství sluneční energie dopadající na zemský povrch, které by stačilo pokrýt současnou naši spotřebu energie 6 000 krát - na zemský povrch dopadá 89 petawatů, přičemž naše spotřeba činí 15 terawatů/rok.

Výhody: jsou v šetrném provoz vůči životnímu prostředí. Minimální údržba fotovoltaických článků po jejich nainstalování. Velmi rychlá návratnost investic. V případě připojení fotovoltaického systému do sítě může být energie spotřebována místně a tím může snižovat celkové ztráty rozvodné soustavy.

Nevýhody: dodávka energie je závislá na slunečním svitu, poměrně vysoké pořizovací náklady [11]

1.4 Legislativa

Zákony a vyhlášky v platném znění.

Zákon č. 211/2011 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

- Povinnost pro rozptýlené zdroje zavést dispečerské řízení a to i u výroben uvedených do provozu před účinností tohoto zákona.
- Výrobce s instalovaným výkonem $\geq 2\text{MW}$ dovybavit výrobní zařízením umožňující dispečerské řízení do 30. 06. 2012.
- Výrobce s instalovaným výkonem od 100kW do 2MW dovybavit výrobní zařízením umožňující dispečerské řízení do 30. 06. 2013.

Vyhláška ERÚ č.51/2006 Sb., kterou se stanoví podmínky připojení k elektrizační soustavě.

Vyhláška MPO č.218/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti měření elektřiny a předávání technických údajů.

Zákon č.505/1990 Sb., o metrologii.

Pravidla provozování distribuční soustavy (PPDS 2011) schválená Energetickým regulačním úřadem

- Stanovují minimální technické, plánovací, provozní a informační požadavky pro připojení uživatelů k DS, poskytují komplexní informace, stanovují základní pravidla, zajišťující spolupráci a koordinaci mezi jednotlivými účastníky trhu. [4]

1.5 Podpora výkupu

Podpora výkupu z obnovitelných zdrojů je realizována na základě zákona 180/2005 Sb., o podpoře a výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) se změnami 137/2010 Sb., 281/2009 Sb., 330/2010 Sb., 402/2010 Sb).

Změny: provozovatelé FV výroben uvedených do provozu (01. 01. 2009 – 31. 12. 2010) a s instalovaným výkonem nad 30 kW a všechny ostatní umístěné mimo střešní konstrukce

a obvodové pláště budov jsou povinni platit od 01. 01. 2011 - 31. 12. 2013 odvod a to ve výši 26% výkopní ceny a 28% u zelených bonusů. [4]

Výkupní ceny historické i aktuální jsou uvedeny v tabulce 1-3.



tab. 1-3 Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření

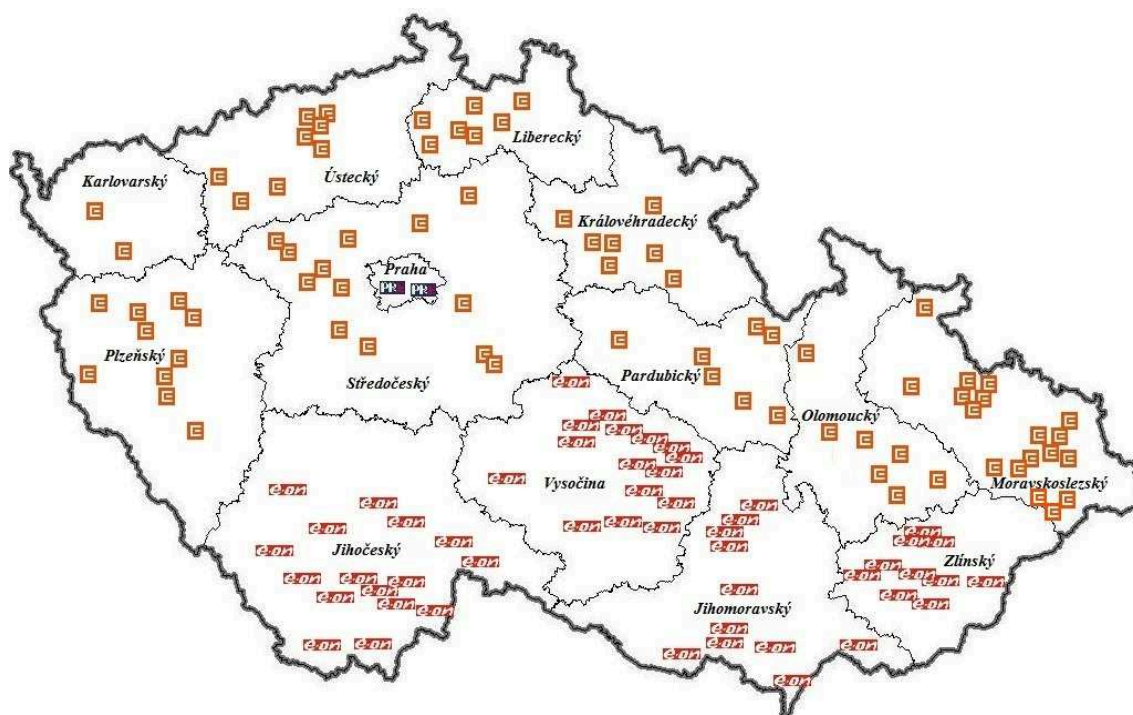
| Uvedení do provozu | Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem | Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh | Zelené bonusy v Kč/MWh |
|---------------------------|---|---|-----------------------------------|
| 1.1.– 31.12. 2012 | do 30 kW včetně | 6 160 | 5 080 |
| 1.1.-1.12. 2011 | do 30 kw včetně | 7 650 | 6 570 |
| | 30 – 100 kw včetně | 6 020 | 4 940 |
| | nad 100 kW | 5 610 | 4 530 |
| 1.1. – 31.12. 2010 | do 30 kW včetně | 12 750 | 11 670 |
| | nad 30 kW | 12 650 | 11 570 |
| 1.1. – 31.12. 2009 | do 30 kW včetně | 13 690 | 12 610 |
| | nad 30 kW | 13 590 | 12 510 |

2 Obecný popis vybraných FVE

Pro vypracování diplomové práce, převážně pro posouzení soudobosti dodávky činného výkonu, byl po konzultaci se svým vedoucím diplomové práce stanoven požadovaný počet sledovaných elektráren 30 až 50 z celé ČR s měřením pokud možno v co nejkratších intervalech a za období 1 roku, konkrétně od 01. 04. 2011 do 31. 03. 2012. Elektrárny byly vytipovány na www.eru.cz. Pro získání naměřených dat byl zvolen způsob oslovení jednotlivých provozovatelů FVE. Tento způsob byl nejen náročný časově, ale i na komunikační dovednosti. Žádost o poskytnutí naměřených dat za poslední období 12 měsíců pro účely vypracování diplomové práce byla doplněna o nabídku vyhodnocení výkonnosti elektrárny a způsobu vykompenzování jalového výkonu s propadem na penalizační platby za nedodržení účinníku a nevyžádanou dodávku jalové výkonu. Někteří provozovatelé, ale nedokázali stáhnout z portálu naměřených dat požadované profily. Při snaze být nápomocen jsme naráželi na nutnost poskytnutí hesla do aplikace naměřených dat. Další potíž byla v tom, že naměřená data na portálech distributorů se archivují pouze 400 dní a tudíž po jednom měsíci nebylo možno získat od provozovatelů data za celý rok. Proto jsem zvolil další způsob a oslovil jsem přímo jednotlivé distributory s žádostí o poskytnutí naměřených dat z vybraných elektráren pro účely vypracování diplomové práce. Výsledek snažení je patrný z přehledu v tabulce 1-2. Lze konstatovat, že naměřená data byla získána od 59% oslovených.

tab. 2-1 Přehled oslovených k poskytnutí naměřených dat a počet získaných

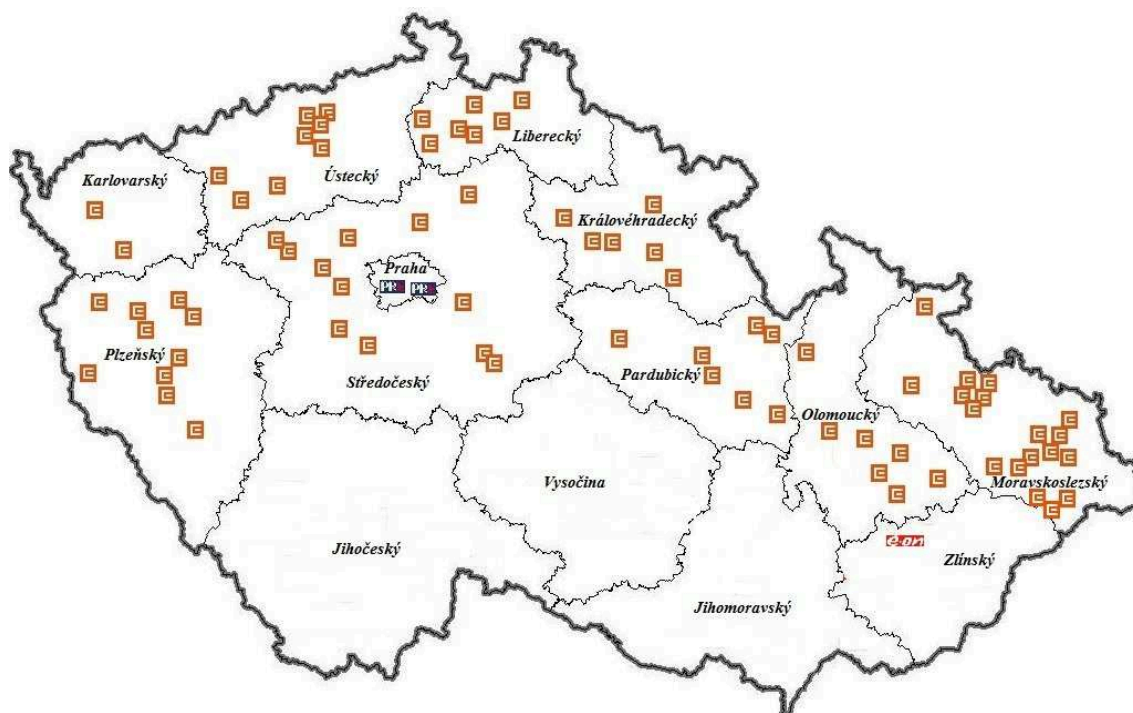
| | Vytipováno a osloveno (počet) | Získáno (počet) |
|---|----------------------------------|-----------------|
|  ČEZ | 79 | 77 |
|  PRE | 2 | 2 |
|  EON | 53 | 1 |
| CELKEM | 134 | 80 |



obr. 2-1 Mapa oslovených provozovatelů pro získání naměřených dat

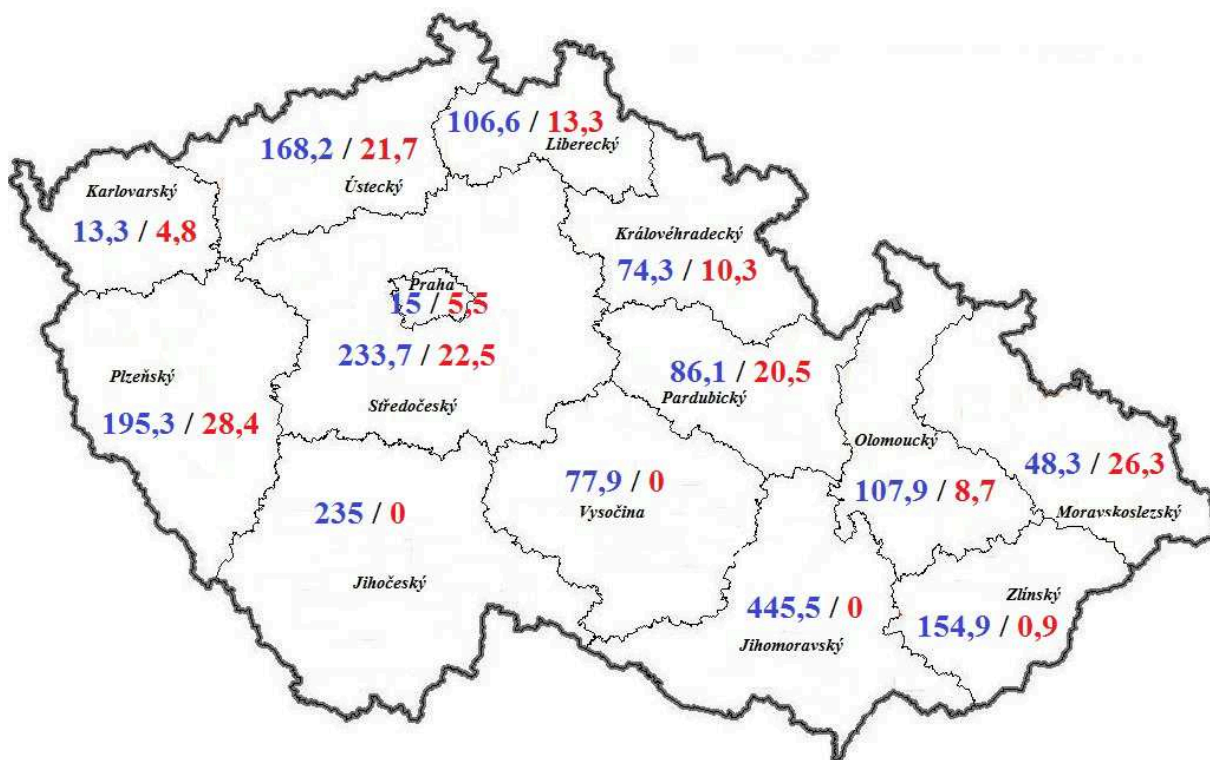
Z obr. 2-1 je vidět snaha o rovnoměrné rozmístění FVE po celé ČR. Různé instalované výkony v rozmezí 0,8 – 15MW jednotlivých elektráren jsem eliminoval přepočtem na procentuální hodnotu:

————— (%)



obr. 2-2 Mapa provozovatelů FVE se získanými daty

Výše uvedené dvě mapy na obr. 2-1 a 2-2 ukazují, že získaná data jsem obdržel od 59 % oslovených. Jihomoravský a Zlínský kraj, kde je předpokládána nadprůměrná výroba z FVE (ČR), je zastoupen pouze jednou elektrárnou.



obr. 2-3 Celkový instalovaný výkon FVE v jednotlivých krajích ČR / instalovaným výkonem sledovaných elektráren v jednotlivých krajích ČR

tab. 2-2 Přehled celkového a sledovaného instalovaného výkonu FVE v jednotlivých krajích ČR v MW a jejich podíl v %

| Kraj | Celkový instalovaný výkon FVE v krajích ČR /MW/ | Sledovaný instalovaný výkon FVE v krajích ČR /MW/ | Podíl sledovaného instalovaného výkonu a celkového instalovaného výkonu FVE v krajích ČR /MW/ |
|--------------------|---|---|---|
| Hlavní město Praha | 15,0 | 5,5 | 36,8% |
| Jihočeský | 235,0 | 0 | 0,0% |
| Jihomoravský | 445,5 | 0 | 0,0% |
| Karlovarský | 13,3 | 4,8 | 36,2% |
| Královéhradecký | 74,3 | 10,3 | 13,9% |
| Liberecký | 106,6 | 13,3 | 12,5% |
| Moravskoslezský | 48,3 | 26,3 | 54,4% |
| Olomoucký | 107,9 | 8,7 | 8,1% |
| Pardubický | 86,1 | 20,5 | 23,8% |
| Plzeňský | 195,3 | 28,4 | 14,5% |
| Středočeský | 233,7 | 22,5 | 9,6% |
| Ústecký | 168,2 | 21,7 | 12,9% |
| Vysočina | 77,9 | 0 | 0,0% |
| Zlínský | 154,9 | 0,9 | 0,6% |
| Celkem | 1962,1 | 162,9 | 8,3% |

2.1 Výběr fotovoltaických elektráren dle technických parametrů

Z hlediska technických parametrů jsem se při výběru FVE zaměřil na elektrárny připojené z hladiny VN, s vlastním transformátorem, s měřením spotřebované a vyrobené elektřiny na primární straně transformátoru (tj. měření na straně vyššího napětí transformátoru), MTP osazené ve všech fázích, MTP alespoň ve dvou (Aronovo zapojení), s vlastní kompenzací a s výkonem mezi 0,8 – 15MW. Nižší instalované výkony mají převážně měření spotřebované a vyrobené elektřiny na sekundární straně transformátoru, což by nám mohlo zkreslovat naměřené hodnoty, jelikož systém evidující naměřená data je již automaticky zvyšuje o ztráty na transformátoru a ty jsou u každého transformátoru jiné. Standardně 4%, ale objevují se i ztráty účtované výpočtem a ty se mohou pohybovat i kolem 1,5% .

Požadavky na naměřená data jsou:

- délka měřených úseků 15 minut, běžné profilové měření,
- období 1 roku tj. od 01. 04. 2011 do 31. 03. 2012,
- hodnoty
 - +A (odběr činného výkonu v kW),
 - A (dodávka činného výkonu v kW),
 - +R_C (odběr jalového výkonu v kVAr při -A),
 - R_C (dodávka jalového výkonu v kVAr při +A),
 - +R_i (odběr jalového výkonu v kVAr při +A),
 - R_i (dodávka jalového výkonu v kVAr při -A).

2.2 Výběr fotovoltaických elektráren dle polohy

Při výběru elektráren byla snaha získat FVE z celého území ČR, pokud možno rovnoměrně rozmístěné. Území ČEZ Distribuce a.s. a PRE Distribuce a.s. se mi podařilo rovnoměrně pokrýt. Území E.ON Distribuce a.s. zůstalo zastoupeno pouze jednou elektrárnou. Je to škoda, na jihu Moravy se předpokládá nadprůměrná výnosnost z FVE oproti celorepublikovému průměru a tudíž nám toto nezískání naměřených dat může převážně východní část ČR ovlivnit.

Pro potřeby této práce bylo území ČR rozděleno na čtyři lokality, a to lokalitu Západ – kraj Karlovarský a Plzeňský, lokalitu Střed – kraj Středočeský, Ústecký, Liberecký a Jihočeský, lokalitu Východ – kraj Pardubický, Královéhradecký a Vysočina a lokalitu Morava – kraj Olomoucký, Jihomoravský, Moravskoslezský a Zlínský.

2.2.1 Lokalita Západ (I) – získaná data






























tab. 2-3 Lokalita Západ - získaná data

| Označení lokality | Poř. č. | Instalovaný výkon /MW/ | Okres | Kraj | Logo |
|-------------------|-----------|------------------------|--------------|-------------|---|
| I | 1 | 3,8 | Karlovy Vary | Karlovarský |  |
| | 2 | 1,0 | Karlovy Vary | Karlovarský |  |
| | 3 | 1,3 | Domažlice | Plzeňský |  |
| | 4 | 1,0 | Tachov | Plzeňský |  |
| | 5 | 1,0 | Rokycany | Plzeňský |  |
| | 6 | 2,3 | Rokycany | Plzeňský |  |
| | 7 | 1,3 | Plzeň-jih | Plzeňský |  |
| | 8 | 13,6 | Tachov | Plzeňský |  |
| | 9 | 2,6 | Domažlice | Plzeňský |  |
| | 10 | 1,0 | Domažlice | Plzeňský |  |
| | 11 | 2,3 | Klatovy | Plzeňský |  |
| | 12 | 2,0 | Tachov | Plzeňský |  |

Z lokality Západ tab. 2-3 bylo získáno 12 FVE o celkovém instalovaném výkonu 33,2 MW.

2.2.2 Lokalita Střed (II) – získaná data














tab. 2-4 Lokalita Střed – získaná data

| Označení lokality | Poř. č. | Instalovaný výkon /MW/ | Okres | Kraj | Logo |
|-------------------|---------|------------------------|--------------------|--------------------|---|
| II | 13 | 1,6 | Louny | Ústecký |  |
| | 14 | 2,0 | Teplice | Ústecký |  |
| | 15 | 4,3 | Chomutov | Ústecký |  |
| | 16 | 1,0 | Teplice | Ústecký |  |
| | 17 | 1,5 | Most | Ústecký |  |
| | 18 | 5,0 | Teplice | Ústecký |  |
| | 19 | 3,3 | Teplice | Ústecký |  |
| | 20 | 3,0 | Louny | Ústecký |  |
| | 21 | 2,3 | Mělník | Středočeský |  |
| | 22 | 1,5 | Kladno | Středočeský |  |
| | 23 | 7,8 | Kladno | Středočeský |  |
| | 24 | 0,8 | Rakovník | Středočeský |  |
| | 25 | 0,8 | Rakovník | Středočeský |  |
| | 26 | 1,0 | Mladá Boleslav | Středočeský |  |
| | 27 | 1,4 | Příbram | Středočeský |  |
| | 28 | 1,6 | Praha - Východ | Středočeský |  |
| | 29 | 1,6 | Kladno | Středočeský |  |
| | 30 | 1,5 | Benešov | Středočeský |  |
| | 31 | 1,1 | Benešov | Středočeský |  |
| | 32 | 1,1 | Beroun | Středočeský |  |
| | 33 | 2,9 | Hlavní město Praha | Hlavní město Praha |  |
| | 34 | 2,6 | Hlavní město Praha | Hlavní město Praha |  |
| | 35 | 1,3 | Česká Lípa | Liberecký |  |
| | 36 | 3,0 | Liberec | Liberecký |  |
| | 37 | 2,0 | Česká Lípa | Liberecký |  |
| | 38 | 3,0 | Liberec | Liberecký |  |
| | 39 | 1,0 | Česká Lípa | Liberecký |  |
| | 40 | 2,0 | Česká Lípa | Liberecký |  |
| | 41 | 1,0 | Česká Lípa | Liberecký |  |

Z lokality Střed tab. 2-4 bylo získáno 29 FVE o celkovém instalovaném výkonu 63MW.



























2.2.3 Lokalita Východ (III) – získaná data

tab. 2-5 Lokalita Východ – získaná data

| Označení lokality | Poř. č. | Instalovaný výkon /MW/ | Okres | Kraj | Logo |
|-------------------|-----------|------------------------|-----------------------|-----------------|---|
| III | 42 | 1,6 | Ústí nad Orlicí | Pardubický |  |
| | 43 | 3,0 | Svitavy | Pardubický |  |
| | 44 | 1,9 | Ústí nad Orlicí | Pardubický |  |
| | 45 | 8,4 | Pardubice | Pardubický |  |
| | 46 | 2,0 | Ústí nad Orlicí | Pardubický |  |
| | 47 | 2,0 | Svitavy | Pardubický |  |
| | 48 | 1,6 | Ústí nad Orlicí | Pardubický |  |
| | 49 | 2,7 | Rychnov n. Kněžnou | Královéhradecký |  |
| | 50 | 1,8 | Rychnov n. Kněžnou | Královéhradecký |  |
| | 51 | 1,6 | Jičín | Královéhradecký |  |
| | 52 | 1,1 | Hradec Králové | Královéhradecký |  |
| | 53 | 1,9 | Náchod | Královéhradecký |  |
| | 54 | 1,2 | Náchod | Královéhradecký |  |

Z lokality Východ tab. 2-5 bylo získáno 13 FVE o celkovém instalovaném výkonu 30,8MW.

tab. 2-6 Lokalita Morava – získaná data

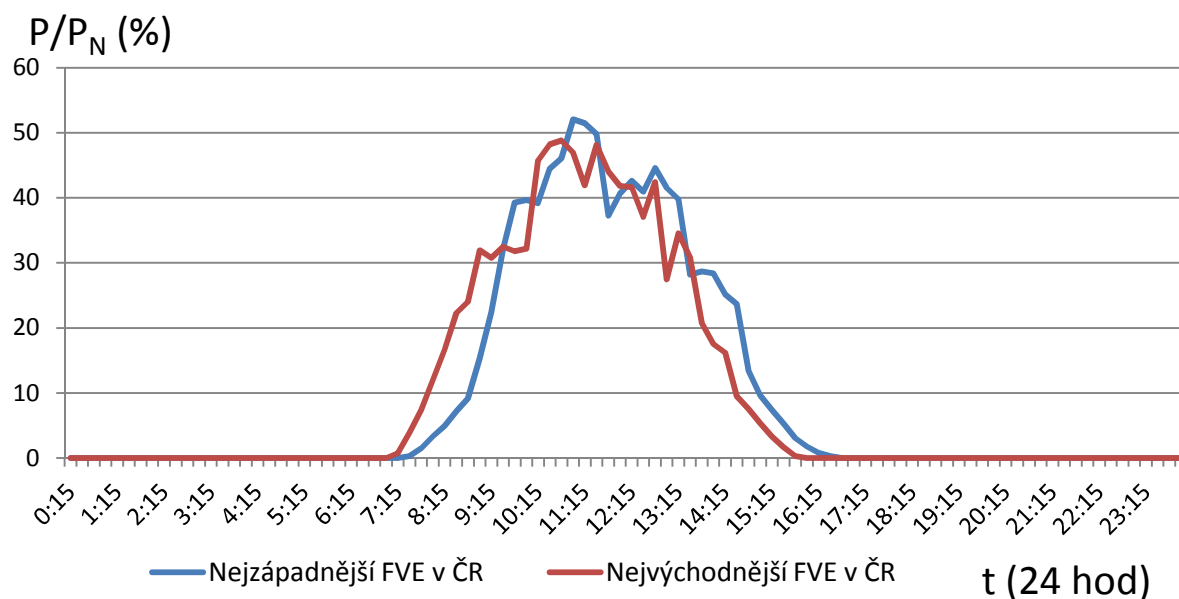
| Označení lokality | Poř.č. | Instalovaný výkon /MW/ | Okres | Kraj | Logo |
|-------------------|--------|------------------------|---------------|-----------------|---|
| IV | 55 | 0,8 | Olomouc | Olomoucký |  |
| | 56 | 1,4 | Olomouc | Olomoucký |  |
| | 57 | 1,0 | Přerov | Olomoucký |  |
| | 58 | 1,5 | Přerov | Olomoucký |  |
| | 59 | 1,0 | Přerov | Olomoucký |  |
| | 60 | 1,0 | Přerov | Olomoucký |  |
| | 61 | 2,0 | Olomouc | Olomoucký |  |
| | 62 | 0,9 | Zlín | Zlínský |  |
| | 63 | 1,4 | Frýdek-Místek | Moravskoslezský |  |
| | 64 | 1,1 | Nový Jičín | Moravskoslezský |  |
| | 65 | 0,9 | Nový Jičín | Moravskoslezský |  |
| | 66 | 2,1 | Frýdek-Místek | Moravskoslezský |  |
| | 67 | 0,9 | Nový Jičín | Moravskoslezský |  |
| | 68 | 1,1 | Bruntál | Moravskoslezský |  |
| | 69 | 1,0 | Frýdek-Místek | Moravskoslezský |  |
| | 70 | 2,5 | Opava | Moravskoslezský |  |
| | 71 | 0,9 | Opava | Moravskoslezský |  |
| | 72 | 2,1 | Frýdek-Místek | Moravskoslezský |  |
| | 73 | 1,0 | Opava | Moravskoslezský |  |
| | 74 | 2,3 | Frýdek-Místek | Moravskoslezský |  |
| | 75 | 1,9 | Frýdek-Místek | Moravskoslezský |  |
| | 76 | 1,0 | Bruntál | Moravskoslezský |  |
| | 77 | 1,0 | Opava | Moravskoslezský |  |
| | 78 | 1,0 | Nový Jičín | Moravskoslezský |  |
| | 79 | 1,0 | Opava | Moravskoslezský |  |
| | 80 | 3,1 | Frýdek-Místek | Moravskoslezský |  |

Z lokality Morava tab. 2-6 bylo získáno 26 FVE o celkovém instalovaném výkonu 35,9MW.

3 Analýza soudobosti dodávky činného výkonu

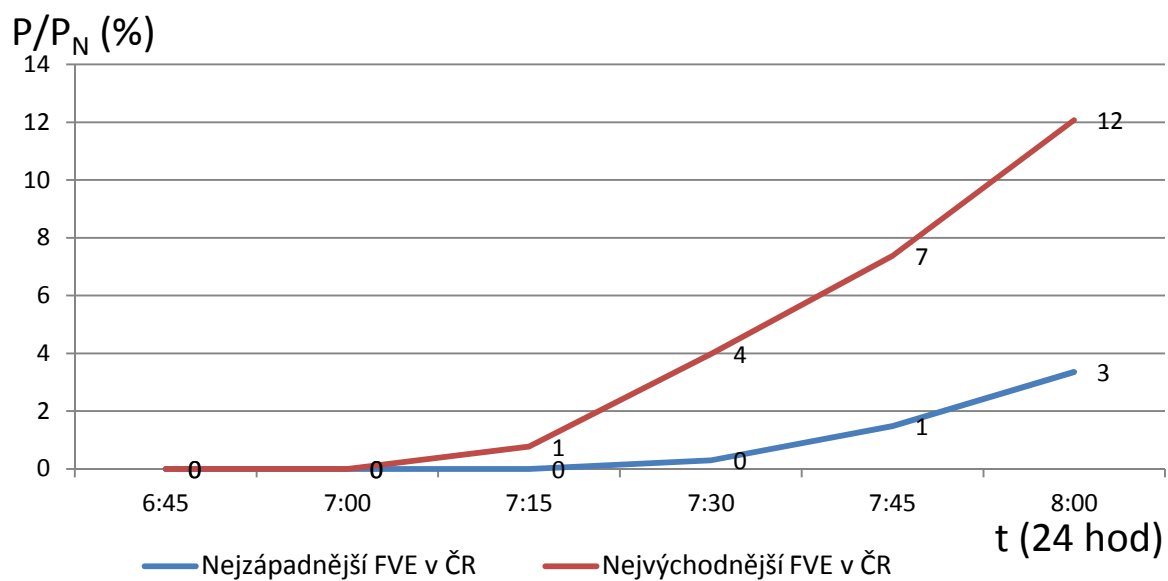
Pro vyhodnocení soudobosti činného výkonu je využito průměrných naměřených 1/4hodinových hodnot. Dodávka do DS je s označením –A, odběr z DS je s označením +A. Jedná se o běžné měření, využívané pro technické i obchodní účely distribučními společnostmi.

3.1 Vyhodnocení náběhu dodávky činného výkonu u nejzápadnější a nejvýchodnější FVE v ČR



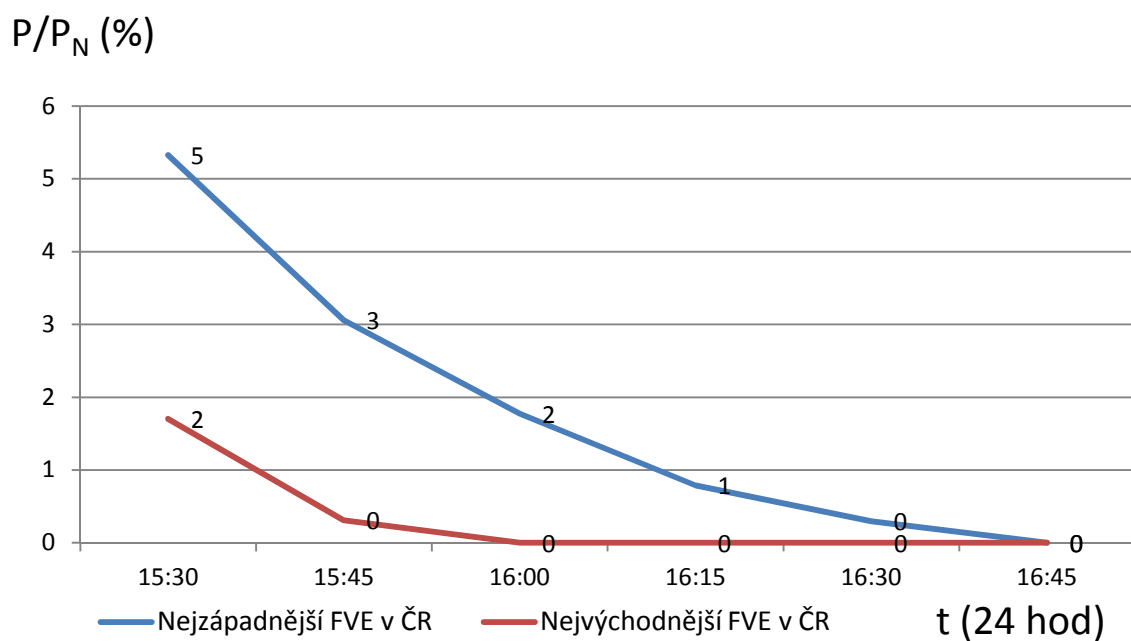
obr. 3-1 Graf dodávané energie z nejzápadnější a nejvýchodnější FVE v ČR

Při zjišťování rozdílu časů v náběhu a doběhu dodávky činného výkonu mezi FVE umístěnou nejvýchodněji a nejzápadněji v ČR bylo zjištěno, že náběh dodávky činného výkonu u západní elektrárny je opožděn zhruba o 15 minut oproti východní, obr. 3-1. Jelikož bylo k dispozici měření složené z průměrných čtvrt hodin, nelze toto časové zpoždění přesně definovat. Při západu slunce je dodávka u nejvýchodnější elektrárny ukončena o 30 minut dříve nežli u nejzápadnější elektrárny. Opět údaj je spíše orientační z důvodu nepřesnosti čtvrt hodinových průměrných měření. Přesný čas proto nelze odečíst z naměřených dat.



obr. 3-2 Rozdíl v čase náběhů FVE

Při východu slunce je dodávka činného výkonu u nejzápadnější FVE opožděna před dodávkou činného výkonu u nejvýchodnější FVE, obr. 3-2.



obr. 3-3 Rozdíl v čase vypnutí FVE

Při západu slunce je dodávka činného výkonu u nejvýchodnější FVE ukončena o 30 minut dříve, nežli u nejzápadnější FVE, obr. 3-3.

3.2 Posouzení soudobosti při různých frontálních oblačnostech

3.2.1 Jasno v celé ČR

Analýzou nejvyšších naměřených hodnot dodávaného činného výkonu bylo usouzeno, že se jedná o jasné, slunečné dny, což bylo ověřeno v databázi ČHMÚ. [10] [1]

Jedná se o následující dny:

06. 05. 2011

Jasno až skoro jasno. Nejvyšší denní teploty 15 °C až 19 °C. Mírný jihovýchodní vítr 2 až 5 m/s.

20. 08. 2011

Jasno až skoro jasno. Ráno ojediněle mlhy. Nejvyšší denní teploty 22 °C až 26 °C. Slabý severozápadní, postupně proměnlivý, vítr 1 až 4 m/s.

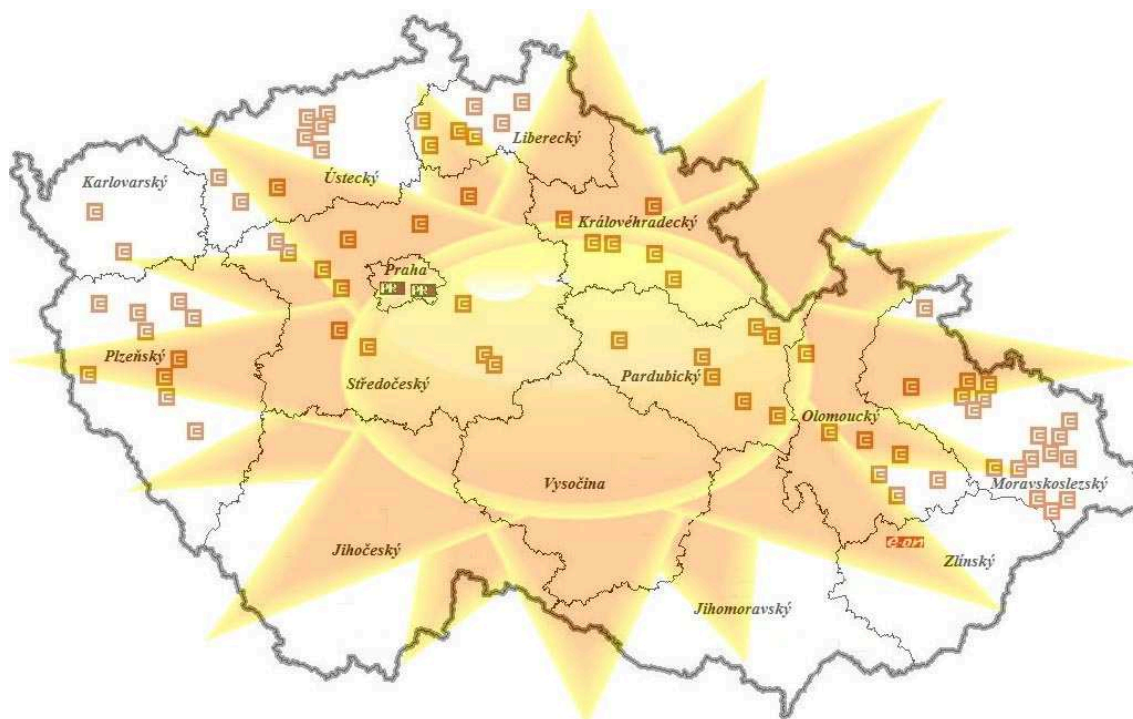
07. 11. 2011

Jasno, ojediněle zataženo nízkou oblačností nebo mlhy. Nejvyšší denní teploty 11 °C až 15 °C, při nízké oblačnosti kolem 9 °C. Mírný jihovýchodní vítr 2 až 6 m/s, na jižní Moravě a na Vysočině čerstvý 4 až 8 m/s s nárazy až 20 m/s.

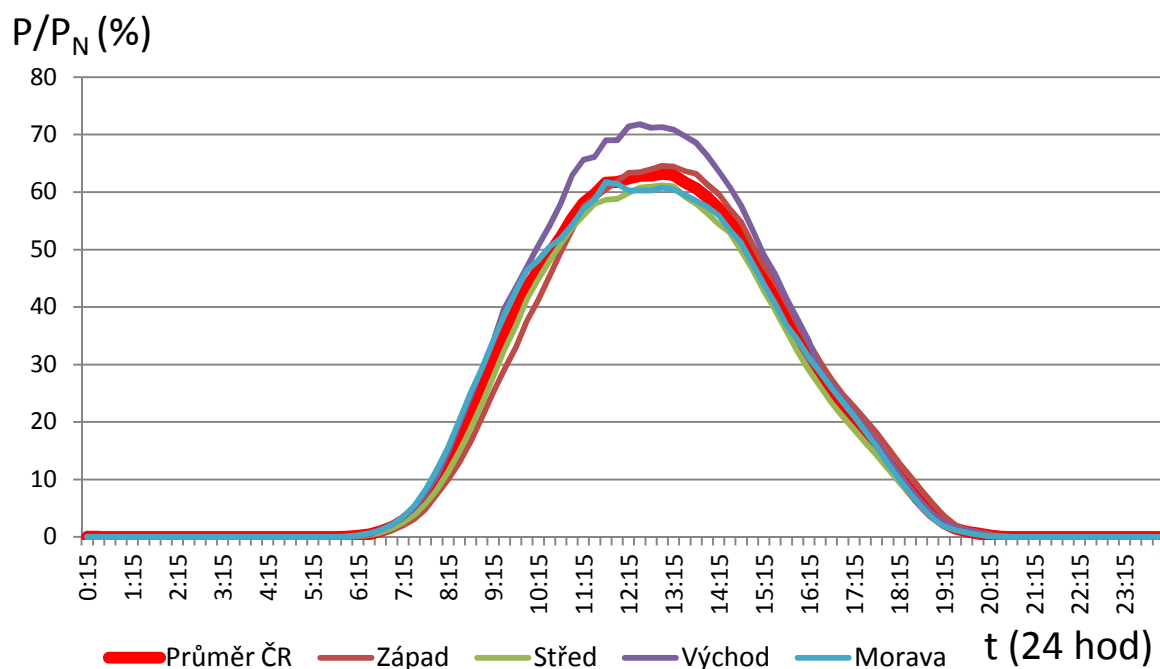
01. 02. 2012

Jasno až skoro jasno, na severovýchodě ojediněle zataženo nízkou oblačností. Nejvyšší denní teploty - 8 °C až -4 °C, na severovýchodě kolem -12 °C. Mírný severovýchodní vítr 3 až 7 m/s, na severovýchodě území místy s nárazy kolem 15 m/s, na horách s nárazy kolem 20 m/s.

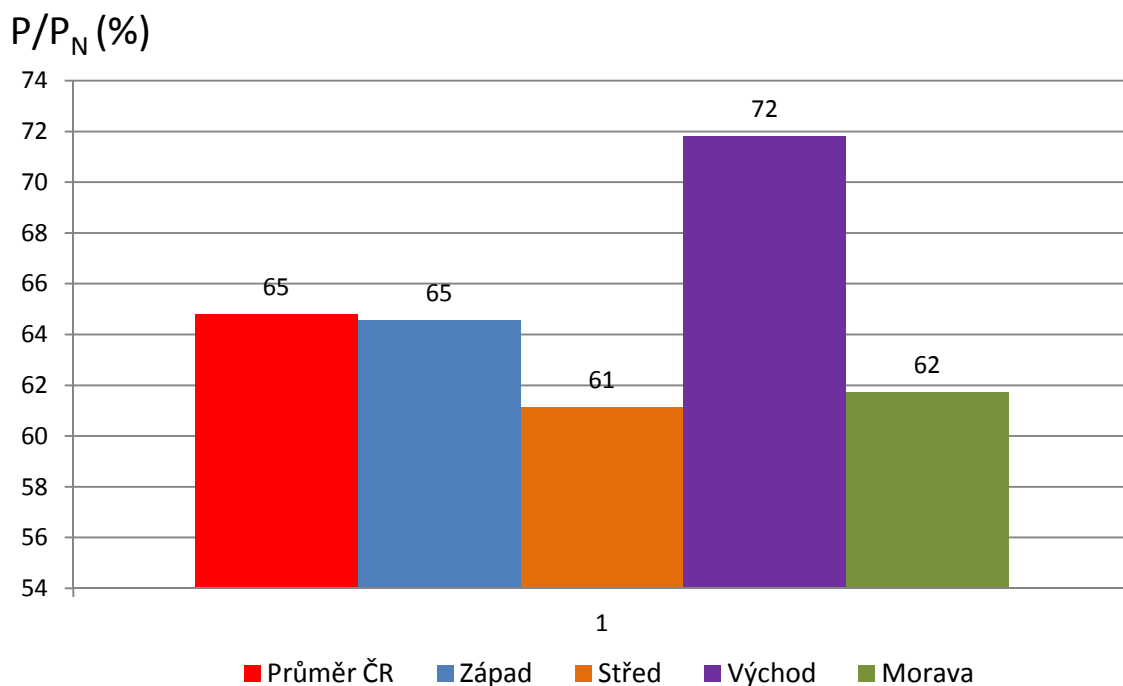
Z těchto dnů byl proveden celorepublikový průměr z naměřených dat, převedených na procentuální hodnotu vztaženou k jmenovitému výkonu jednotlivých elektráren.



obr. 3-4 Slunečno nad celou ČR



obr. 3-5 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při slunečném dni



obr. 3-6 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech za slunečného dne

Z naměřených hodnot vnesených do grafu je na obr. 3-5 a 3-6 patrné, že při jasném a slunečném počasí nad celou ČR je průměrný dodávaný činný výkon 65 % z celkového instalovaného výkonu

FVE v ČR. Nejvyšším podílem přispívá lokalita Východ 72%, ostatní lokality jsou vyrovnané v rozmezí 61 – 65 %.

3.2.2 Částečné zastínění území ČR

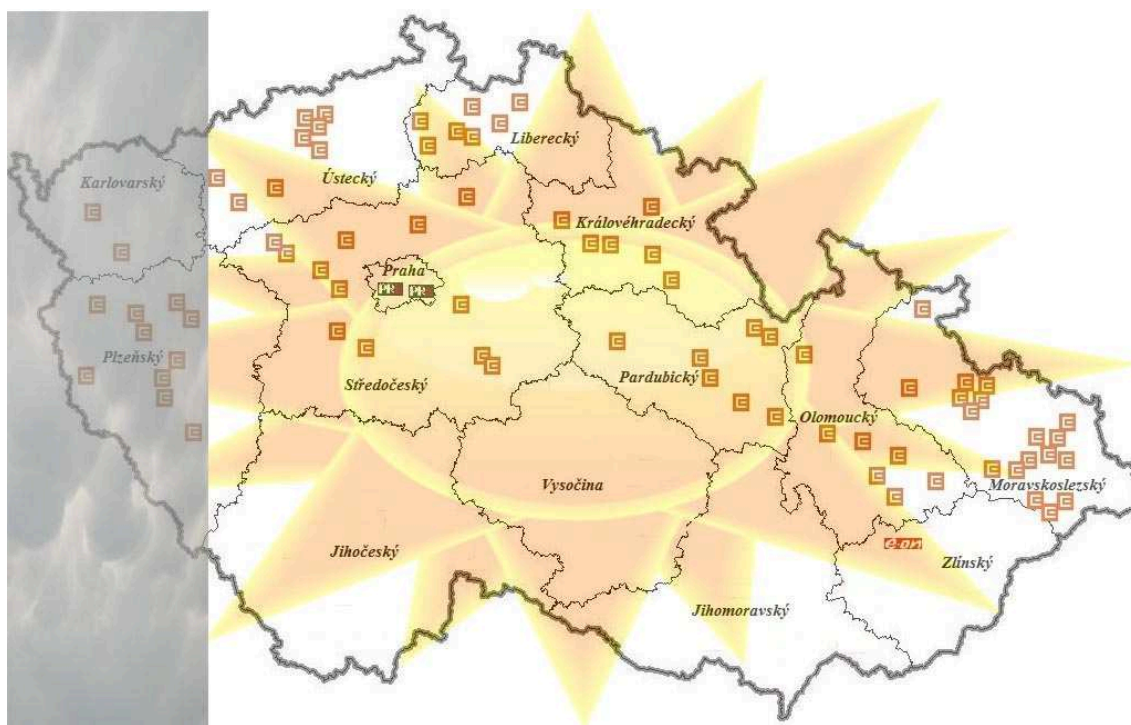
Statistika ČHMÚ uvádí, že ve sledovaném období – duben 2011 – březen 2012 bylo 169 dnů, kdy přes ČR přešla fronta. Bez výkyvu počasí bylo 197 dnů, z toho 53 jasných, slunečných, 90 oblačných a 54 zatažených.

Přechodem oblačností přes území ČR dochází k nestejnomyšlnému postupnému zastínění území. Zastínění jednotlivých lokalit bylo nasimulováno postupně pro lokalitu Západ, Střed, Východ a Morava.

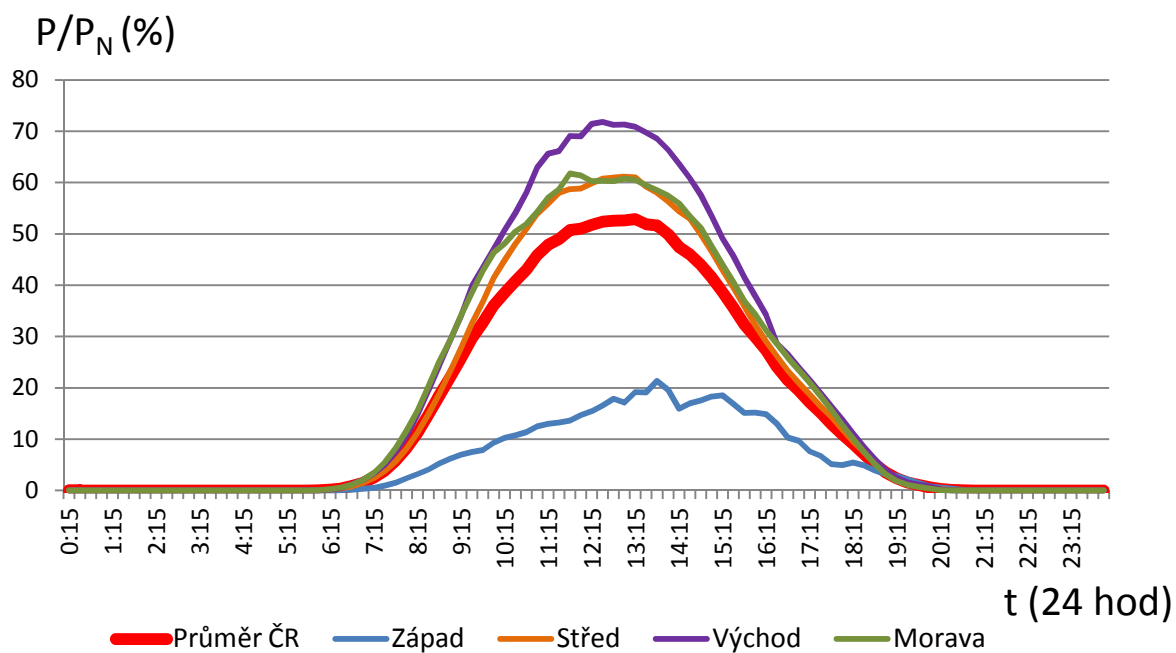
Z naměřených dat dodávaného činného výkonu, převedeného na procentuální hodnotu vztaženou k jmenovitému výkonu jednotlivých elektráren, byl proveden celorepublikový průměr pro níže uvedené případy.

V příloze č. 3 je uvedena statistika front, které přešly ve sledovaném období přes území ČR.

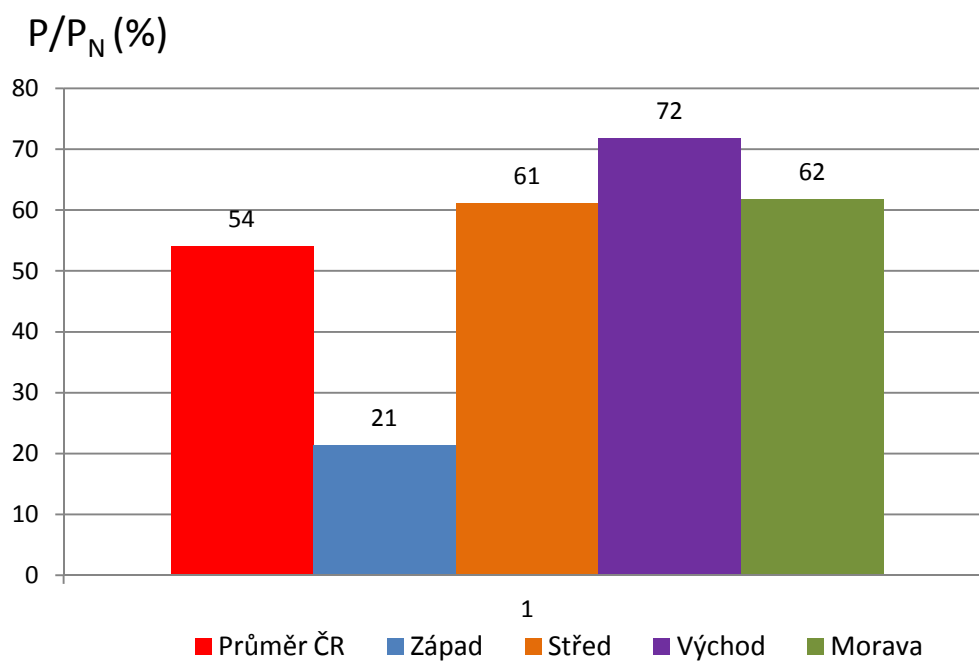
3.2.2.1 Zataženo v lokalitě Západ (I), jasno v lokalitách Střed (II), Východ (III) a Morava (IV)



obr. 3-7 Zataženo nad lokalitou Západ



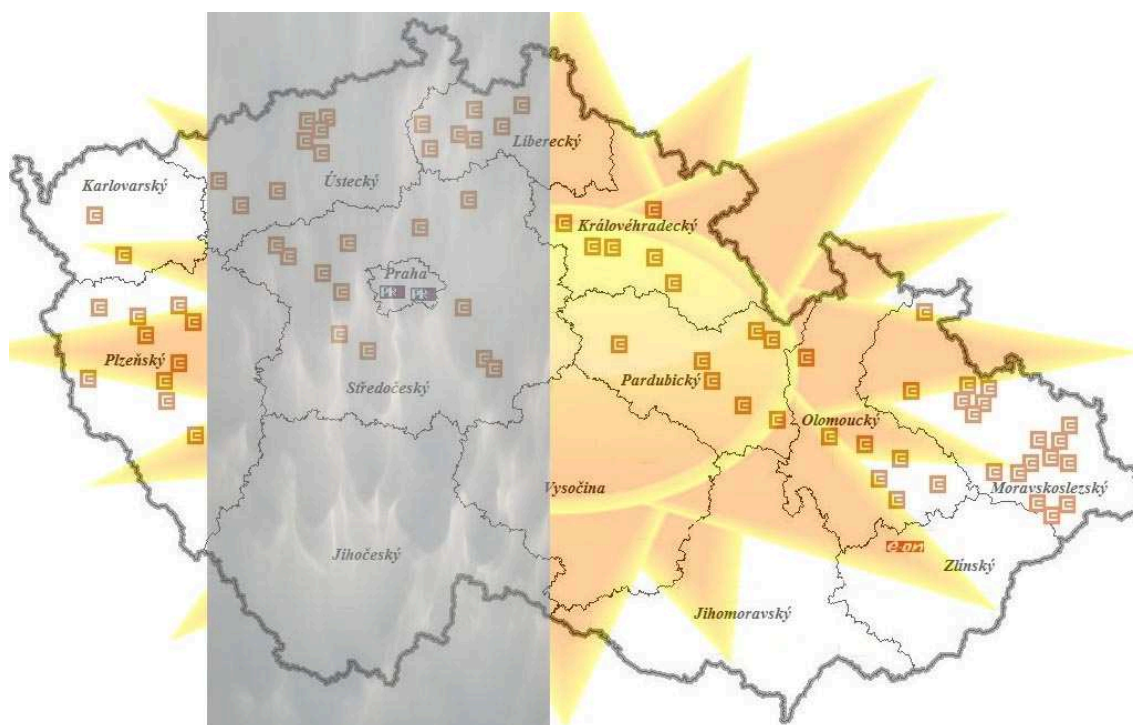
obr. 3-8 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Západ



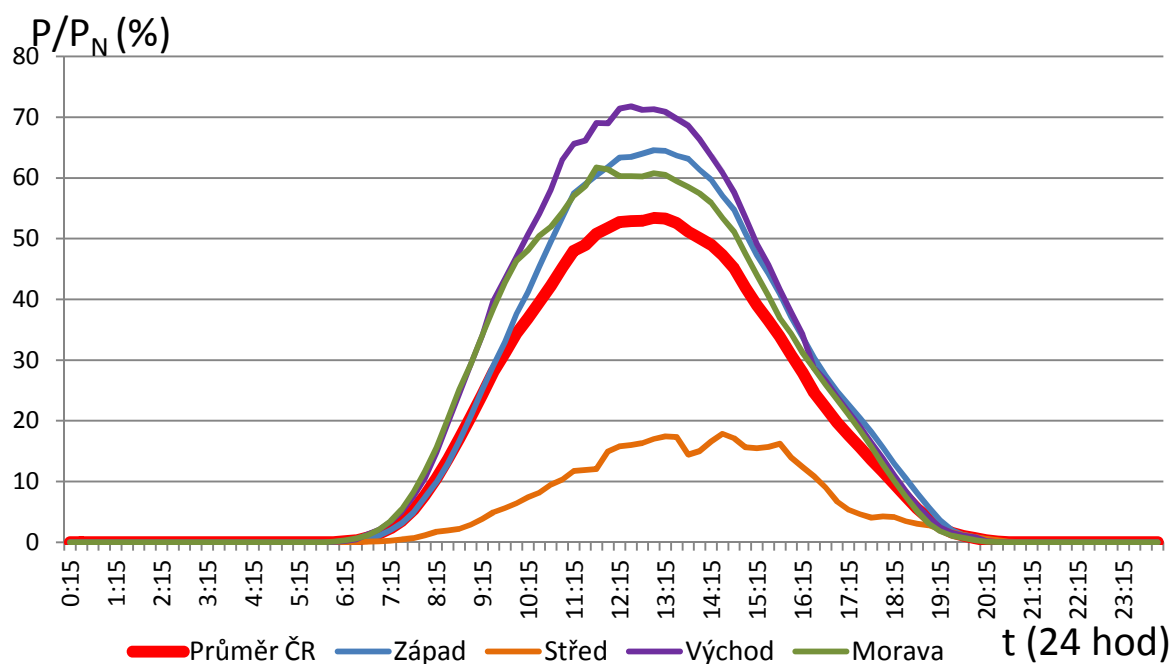
obr. 3-9 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Západ

Z naměřených hodnot vynesných do grafu na obr. 3-8 a 3-9 je patrné, že při oblačnosti nad lokalitou Západ je průměrný dodávaný činný výkon 54 % celkového instalovaného výkonu FVE v ČR.

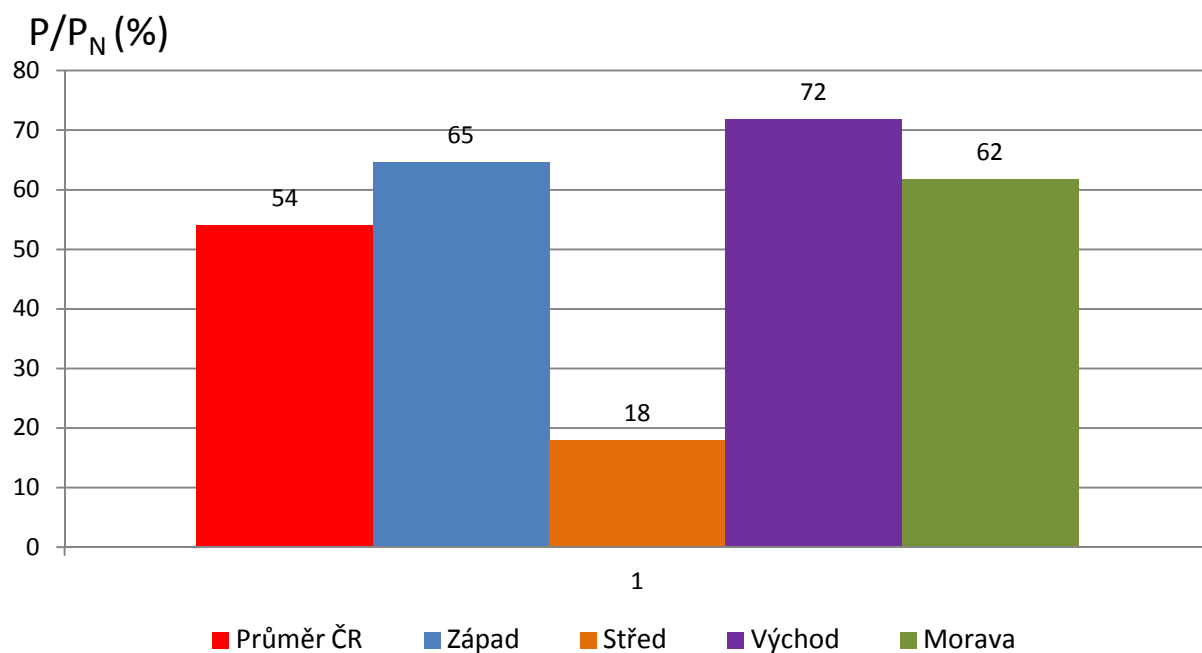
3.2.2.2 Zataženo v lokalitě Střed (II), jasno v lokalitách Západ (I), Východ (III) a Morava (IV)



obr. 3-10 Zataženo nad lokalitou Střed



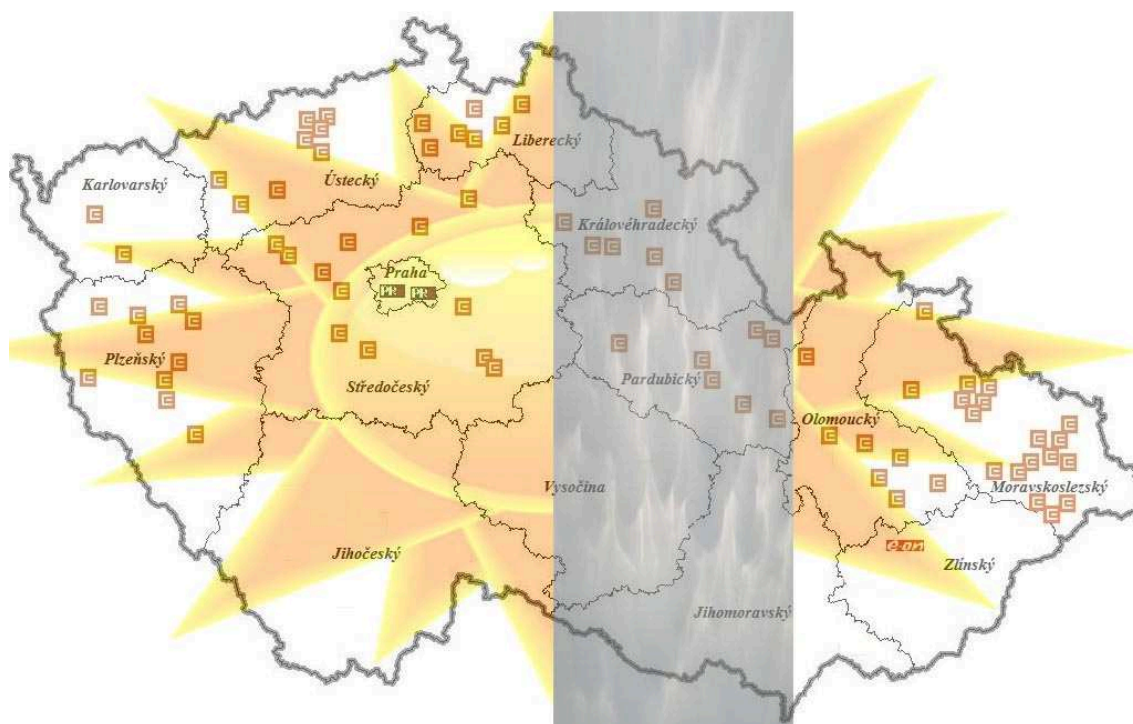
obr. 3-11 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Střed



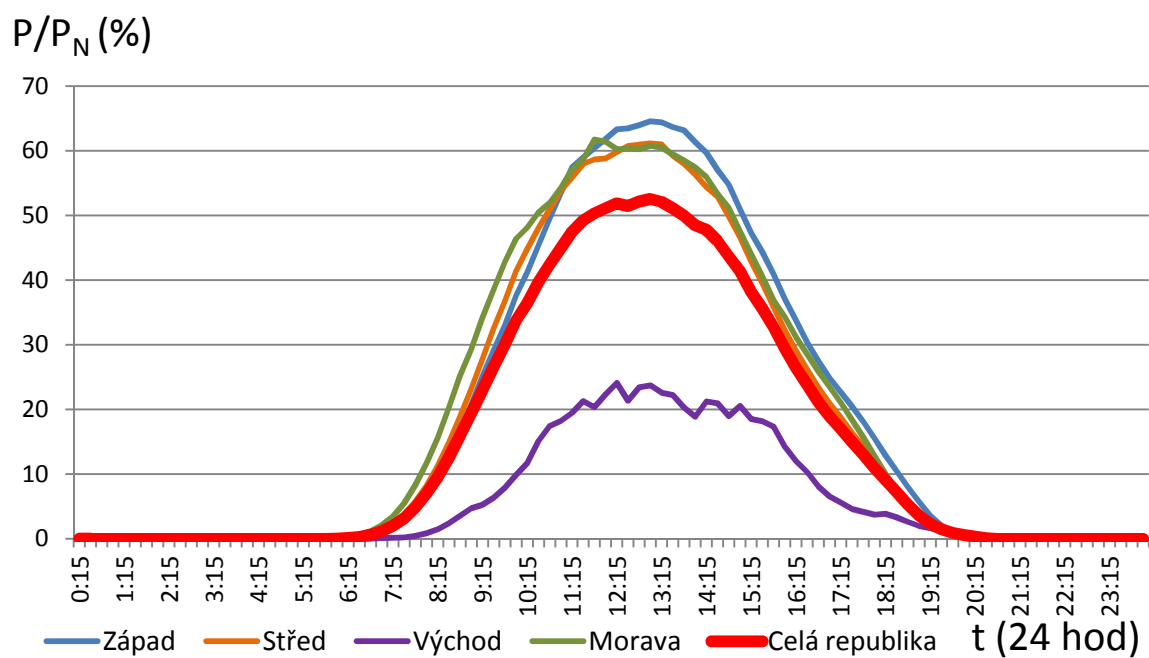
obr. 3-12 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Střed

Z naměřených hodnot vynesných do grafu na obr. 3-11 a 3-12 je patrné, že při oblačnosti nad lokalitou Střed je průměrný dodávaný činný výkon 54 % celkového instalovaného výkonu FVE v ČR.

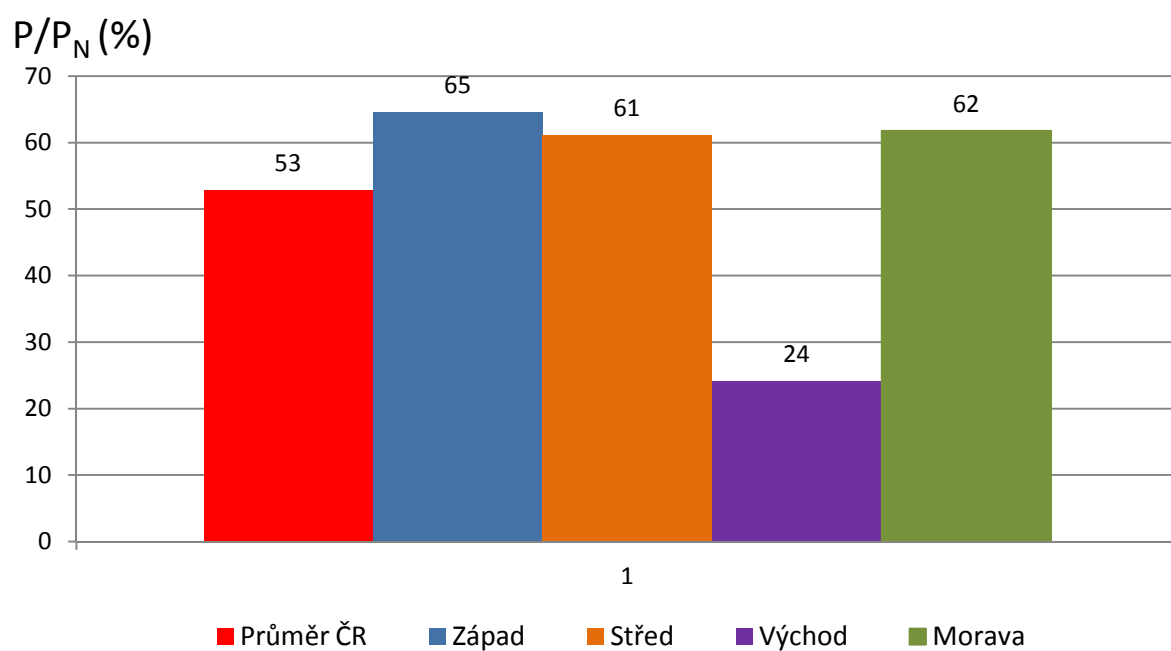
3.2.2.3 Zataženo v lokalitě Východ (III), jasno v lokalitách Západ (I), Střed (II) a Morava (IV)



obr. 3-13 Zataženo nad lokalitou Východ



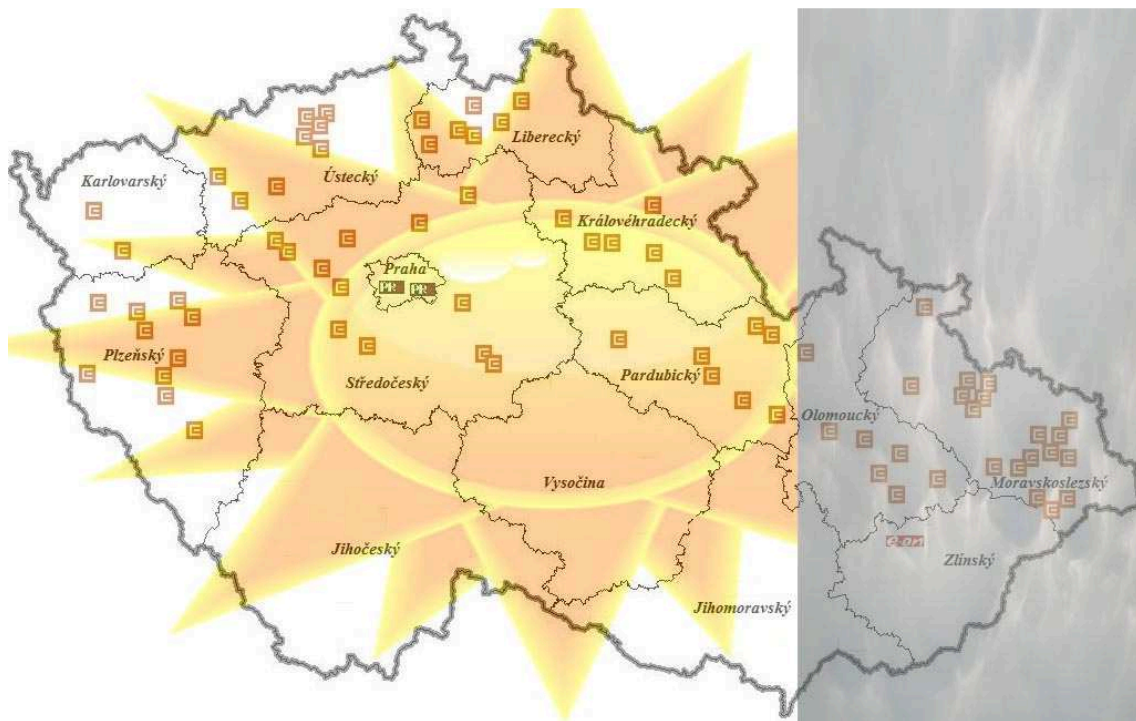
obr. 3-14 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Východ



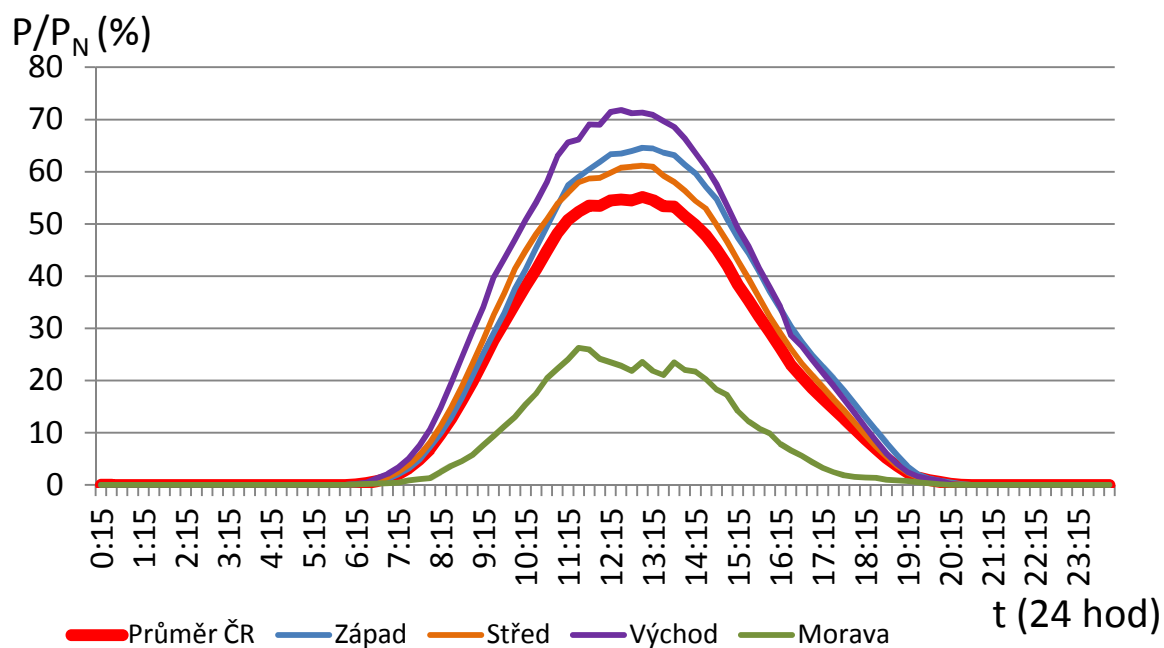
obr. 3-15 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Východ

Z naměřených hodnot vynesných do grafu na obr. 3-14 a 3-15 je patrné, že při oblačnosti nad lokalitou Východ je průměrný dodávaný činný výkon 53 % celkového instalovaného výkonu FVE v ČR.

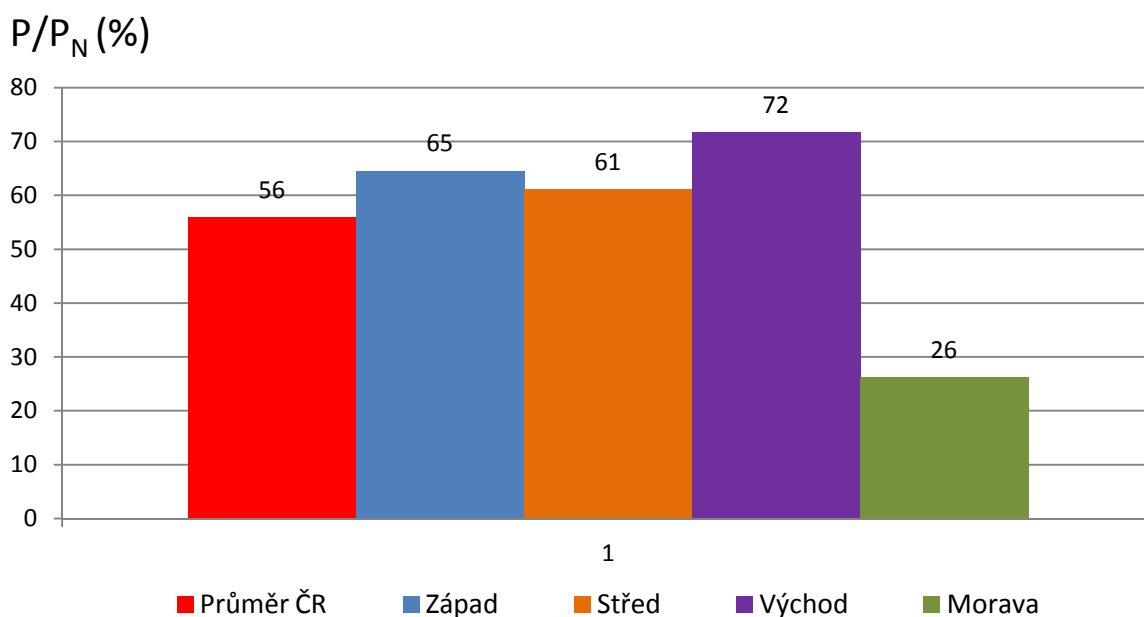
3.2.2.4 Zataženo v lokalitě Morava (IV), jasno v lokalitách Západ (I), Střed (II) a Východ (III)



obr. 3-16 Zataženo nad lokalitou Morava



obr. 3-17 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zatažené obloze nad lokalitou Morava



obr. 3-18 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech při zatažené lokalitě Morava

Z naměřených hodnot vynesných do grafu na obr. 3-17 a 3-18 je patrné, že při oblačnosti nad lokalitou Morava je průměrný dodávaný činný výkon 56 % celkového instalovaného výkonu FVE v ČR.

3.2.3 Zataženo v celé ČR

Analýzou nejmenších naměřených hodnot dodávaného činného výkonu bylo usouzeno, že se jedná o oblačné až zatažené dny, což bylo ověřeno v databázi ČHMÚ.

Jedná se o následující dny:

15. 05. 2011

Oblačno až zataženo s občasným deštěm. Odpoledne od západu ubývání oblačnosti a přechod k přeháňkám. Nejvyšší denní teploty 11 °C až 15 °C. Mírný severozápadní vítr 3 až 7 m/s.

19. 10. 2011

Oblačno až zataženo, v Čechách místy přeháňky nebo déšť. V Krušných horách na hřebenech sněžení. Nejvyšší denní teploty 9 °C až 13 °C, na západě kolem 7 °C. Mírný západní až severozápadní, na východě zpočátku jihozápadní vítr 2 až 5 m/s.

26. 02. 2012

Oblačno až zataženo, místy smíšené nebo dešťové přeháňky, od 400 m srážky sněhové. Nejvyšší denní teploty 2 °C až 6 °C. Mírný severozápadní vítr 3 až 7 m/s, na východě zpočátku s nárazy až 15 m/s.

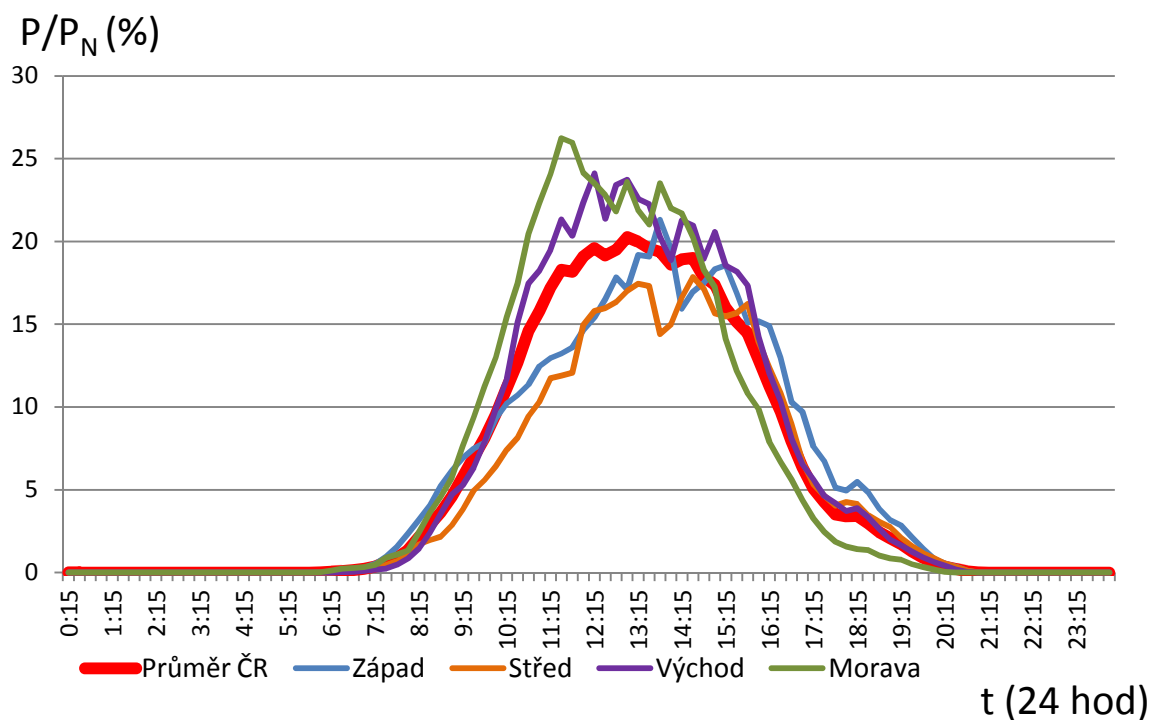
14. 03. 2012

Oblačno až zataženo, na jihozápadě později ubývání oblačnosti. Na severovýchodě ojediněle slabý déšť nebo mrholení. Ráno ojediněle mlhy. Nejvyšší denní teploty 6 °C až 10 °C. Mírný severozápadní vítr 2 až 5 m/s.

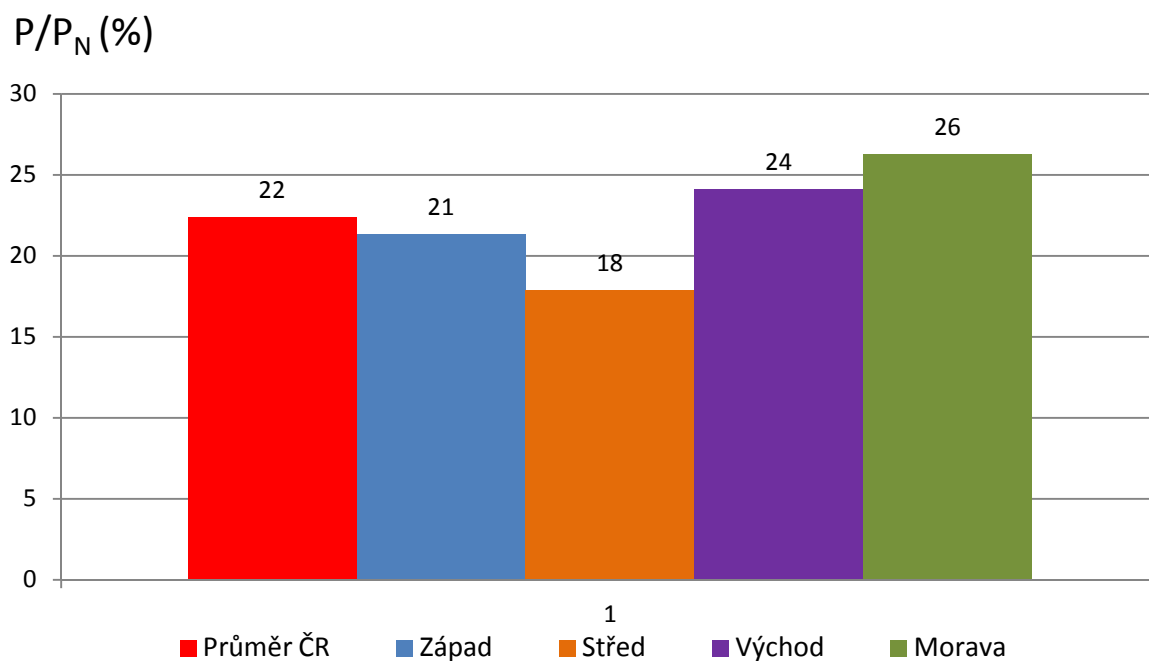
Z těchto dnů byl proveden celorepublikový průměr z naměřených dat, převedených na procentuální hodnotu vztaženou k jmenovitému výkonu jednotlivých elektráren.



obr. 3-19 Zataženo nad celou ČR



obr. 3-20 Graf procentuálního výkonu FVE v ČR při zataženém dni



obr. 3-21 Graf maximálních procentuálních výkonů v jednotlivých regionech za zataženého dne

Z naměřených hodnot vynesných do grafu na obr. 3-20 a 3-21 je patrné, že při oblačnosti nad celou ČR je průměrný dodávaný činný výkon 22 % celkového instalovaného výkonu FVE v ČR.

3.3 Výčet výskytu různých intenzit oblačnosti na základě analýzy naměřených dat z FVE

tab. 3-1 Přehled změn míry oblačnosti nad ČR za období jednoho roku zanalyzovaný z naměřených dat

| Míra oblačnosti v ČR od 1. 1. 2011 - 31. 3. 2012 | | | | | | |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|-----------|-------------|
| Lokalita Západ | Lokalita Střed | Lokalita Východ | Lokalita Morava | Počet výskytů v průběhu roku | | |
| Z | Z | Z | Z | 63 | Legenda: | J Jasno |
| J | J | J | J | 57 | | P Polojasno |
| O | Z | Z | Z | 11 | | O Oblačno |
| Z | Z | Z | O | 8 | | Z Zataženo |
| J | J | J | O | 7 | | |
| J | J | J | P | 7 | Jasno | max.-75% |
| Z | O | Z | Z | 7 | Polojasno | 74 – 50% |
| Z | Z | Z | P | 7 | Oblačno | 49 – 25% |
| J | J | O | J | 6 | Zataženo | 25 – 0% |
| O | J | J | J | 6 | | |
| P | J | J | J | 6 | | |
| Z | O | O | Z | 6 | | |
| J | Z | Z | Z | 4 | | |
| P | O | O | Z | 4 | | |

Z tabulky 3-1 je patrná, za sledované období jednoho roku, nejčastější kombinace míry oblačností nad ČR. Střídají se Jasno, Polojasno, Oblačno, Zataženo. Analýzou naměřených dat z jednotlivých FVE, kdy jednotlivým oblačnostem byl přiřazen procentuální rozptyl vztažený k maximálním hodnotám, které daná FVE dokázala vyprodukovat (nejedná se o instalovaný výkon), bylo zjištěno, že nejčastěji se objevuje nad ČR „Zataženo“ nad všemi lokalitami, a to 63x za sledované období, dále „Jasno“ nad všemi lokalitami 57x, „Oblačno“ nad lokalitou Západ při současném „Zatažení“ nad lokalitami Střed, Východ a Morava 11x. Další vyskytující se kombinace jsou patrné z tabulky 3-1. Vyskytující se kombinací je 129, z toho zhruba 100 různých kombinací se vyskytuje v počtu jedna. Oproti výčtu míry oblačnosti z ČMHU bylo zjištěno, že data získaná z naměřených dat a dat poskytnutých ČHMÚ se takřka shodují. Porovnáme-li naměřená data / data z ČHMÚ u „Jasno“, 57 / 53, u „Zataženo“, 63 / 54 lze konstatovat, že předpokládaný průměrný dodávaný výkon FVE do ES ČR je v provozu 57 dní v roce a činí 65% instalovaného výkonu. Tento výkon není roven 100 % instalovaného výkonu z důvodů chybného nakonfigurování FV systému, ztrátám na vedení, popřípadě poruchy. Je zajímavé, že z 80 sledovaných FVE nebyla žádná z elektráren delší dobu mimo provoz, a výnosy jsou porovnatelné v přepočtu na jednotlivé instalované výkony. Detailní rozbor jedné FVE bude proveden v závěru této práce.

tab. 3-2 Počet dní s různou mírou oblačnosti v jednotlivých lokalitách

| Lokalita I Západ | | | Lokalita II Střed | | | Lokalita III Východ | | | Lokalita IV Morava | | |
|------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
| počasí | počet | % | počasí | počet | % | počasí | počet | % | počasí | počet | % |
| J | 126 | 34,43 | J | 129 | 35,25 | J | 114 | 31,15 | J | 115 | 31,42 |
| P | 41 | 11,20 | P | 45 | 12,30 | P | 48 | 13,11 | P | 59 | 16,12 |
| O | 66 | 18,03 | O | 56 | 15,30 | O | 62 | 16,94 | O | 55 | 15,03 |
| Z | 133 | 36,34 | Z | 136 | 37,16 | Z | 142 | 38,80 | Z | 137 | 37,43 |
| celkem | 366 | 100 | celkem | 366 | 100 | celkem | 366 | 100 | celkem | 366 | 100 |

Tabulka 3-2 nám udává počet dnů jednotlivých oblačností nad územím ČR, rozdělený po lokalitách Západ, Střed, Východ a Morava. Největší počet jasných dnů je v lokalitě Západ, nejmenší v lokalitě Východ. Nejčastěji je zataženo v lokalitě Východ 137, nejméně často v lokalitě Západ. Z naměřených dat bylo možno získat oblačnosti procházející přes ČR pouze v době provozu FVE, tyto oblačnosti mají zásadní vliv na soudobost dodávky činného výkonu do DS. Ve skutečnosti procházejí oblačnosti přes ČR i v noci, ale ty nemají vliv na provoz FVE. V noci je elektrárna v režimu odběru činného výkonu z DS.

Z tabulky 3-2 je také patrný procentuální podíl jednotlivých počtů oblačností v roce, rozdělený po lokalitách. Jasno se podílí 31,15 – 34,43%, Zataženo se podílí 36,34% - 38,80%. Oblačnosti polojasno a oblačno se podílí zhruba po 15%.

4 Vyhodnocení provozu z hlediska bilance jalového výkonu

4.1 Obecné

4.1.1 Názvosloví – krátké definice vybraných odborných pojmů

Činný výkon – součin napětí, proudu a cosinu fázového úhlu mezi nimi (kVAr, MVA).

Jalový výkon – součin napětí, proudu a sinu fázového úhlu mezi nimi (kVAr, MVA).

Zdánlivý výkon – součin napětí a proudu (kVA, MVA).

Kompenzační zařízení – zařízení pro kompenzaci účinníku nebo řízení jalového výkonu

Kvalita dodávané elektřiny – provozní hodnoty systémových veličin garantované provozovatelem PS a DS během normálního stavu.

Obnovitelný zdroj – využitelný zdroj energie, z něhož lze procesem přeměn získat elektřinu, přičemž se jeho energetický potenciál trvale a samovolně obnovuje.

Ochrany výroby – systém ochrany výroby zabráňuje jejímu poškození a šíření poruchy do DS a PS.

Řízení výroby – vydávání dispečerských pokynů výrobnám k zajištění určitých hodnot činného a jalového výkonu v dané době.

Účinník – podíl činného výkonu P a zdánlivého výkonu S

Cos φ – cosinus fázového úhlu mezi napětím a proudem základní harmonické

Výkon na prahu výroby – výkon výroby, nabízený výrobcem pro využití v DS.

Výrobce elektřiny – fyzická či právnická osoba, která vyrábí elektřinu a je držitelem licence na výrobu elektřiny.

Výrobní elektřiny – energetické zařízení pro přeměnu různých forem energie na elektřinu, zahrnující všechna nezbytná zařízení.

Fliker – subjektivní vjem změny světelného toku

Harmonické – sinusové kmity, jejichž kmitočet je celistvým násobkem základní frekvence 50Hz.

Meziharmonické – sinusové kmity, jejichž kmitočet není celistvým násobkem základní frekvence 50Hz.

Disponibilní výkon – hodnota výkonu, který by mohla výrobní dodávat bez omezení

Jalový výkon – rozhraní určuje provozovatel DS, mohou být pokryty oba rozsahy jalového výkonu.

Činný výkon – regulační povel udává maximální činnou dodávku v procentech smluvně dohodnutého výkonu.

4.1.2 Požadavky na výrobce elektřiny

Dodržet minimální požadavky stanovené v příloze č. 4 v PPDS.

Poskytnout údaje o výrobně, výrobě

- jmenovité výstupní napětí,
- jmenovitý zdánlivý výkon kVA,
- jmenovitý činný výkon kW,
- maximálně dodávaný činný výkon, popřípadě požadavky na jalový výkon (kVAr),
- způsob regulace činného výkonu ve smyslu přílohy č. 4 v PPDS, atd.
- výrobní s výkonem nad 100kW začlenit do systému dálkového ovládání PDS (vypínač, vývodový odpojovač, zemní nože vývodového odpojovače),
- hodnoty předávané dálkově PDS (zadávané hodnoty - napětí, účinník, jalový výkon, omezení činného výkonu), (přenosy měření - činný třífázový výkon, jalový třífázový výkon, proud jedné fáze, fázová a sdružená napětí, data pro predikci výroby teplota, rychlost větru a osvit, signály ochrany a výstrahy).

4.2 Proč regulovat jalový, popřípadě činný výkon

Pro udržení stability ES je třeba regulovat a vyhodnocovat jeden z hlavních parametrů, a to napětí. Třístupňová regulace napětí patří do systémových a podpůrných služeb. Vlivem zřizování rozptýlených výroben elektrické energie, vzniká i větší náročnost na regulaci napětí v ES. Jednou z možností je osazení regulace jalového výkonu přímo ve výrobních s možností dálkového dispečerského řízení. Taktéž pro regulaci činného výkonu, a tedy dispečerského řízení při dosažení limitů v ES, je nutné výrobní dovybavit dálkovým řízením. Tyto úpravy nutné k regulaci ES podpořil nový energetický zákon č. 211/2011 Sb. Technické řešení nastiňují přílohy č. 4 a 5 v PPDS a vlastní PPDS [5] [11].

4.2.1 Kompenzace

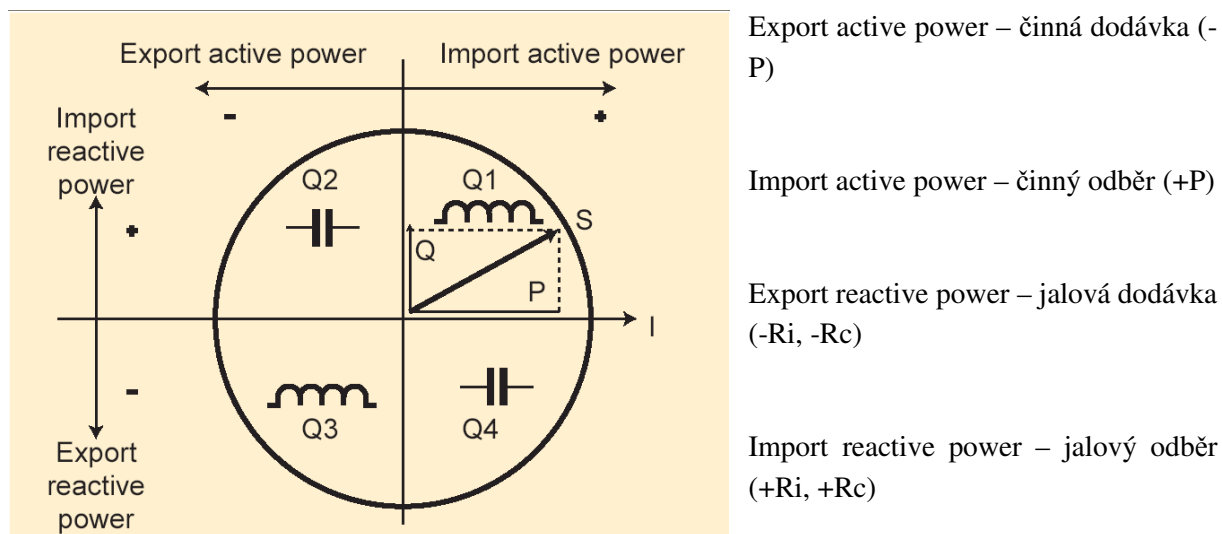
Většinou se vykonává připínání kondenzátorů z důvodu potřeby vykompenzování jalového proudu od spotřebičů induktivního charakteru.

4.2.2 Dekompenzace

Jedná se o kompenzaci jalového proudu kapacitního charakteru. Např. rozsáhlé kabelové sítě.

4.3 Bilance FVE z hlediska jalových výkonů

U FVE dochází k využití výroby cca 950 – 1150 hodin v roce. Z tohoto důvodu je jalový výkon posuzován z pohledu provozního režimu. Převážná část výroby je provozována s minimálním činným výkonem a tudíž může docházet k nevykompenzovaným nebo dekompenzovaným stavům, a proto je třeba elektrárnu vybavit odpovídajícím kompenzačním zařízením. Snahou je snížení celkového efektivního proudu a udržení účinníku ve stanovených mezích v DS. U FVE dochází nejen k dodávce a odběru činných výkonů do DS, ale také k dodávce a odběru jak kapacitního, tak induktivního jalového výkonu. Rozmezí určuje provozovatel DS. Standardně bývá pro jalový výkon $I_Q \cos \varphi = 0,95 - 1$, IV_Q 1, $II_Q \cos \varphi = 0,98 - 1$, $III_Q \cos \varphi = 0,98 - 1$. Jiné hodnoty schvaluje a povoluje provozovatel DS.



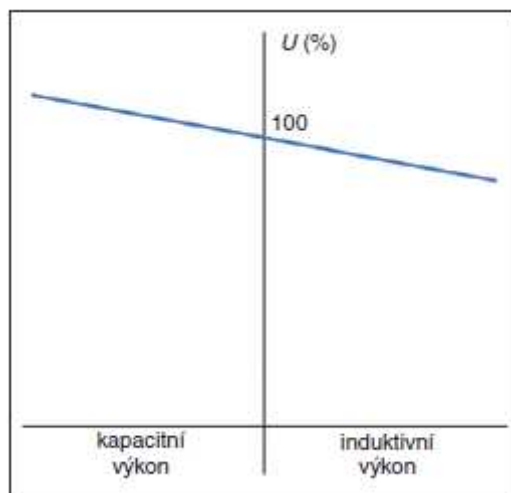
obr. 4-1 Zobrazení jednotlivých kvadrantů dodávky a odběru činného a jalového výkonu

V případě nedodržení odběru a dodávky jalového výkonu ve stanovených mezích dochází ze strany PDS k penalizaci dle sazeb uvedených v Cenovém rozhodnutí ERÚ.

U FVE při

- odběru činného výkonu z DS (noční provoz) dochází převážně k dodávce jalového výkonu kapacitního charakteru ($-R_c$),
- dodávce činného výkonu do DS (denní provoz) dochází jak k dodávce jalového výkonu induktivního charakteru ($-R_i$), tak i k odběru jalového výkonu kapacitního charakteru ($+R_c$).

Jednou z možností, jak regulovat napětí v DS je regulace jalového výkonu. Při dispečerském řízení by bylo možné řídit jak dodávku činného, tak jalového výkonu.



obr. 4-2 Závislost výšky napětí na charakteru jalového výkonu

Dle PPDS, u elektráren připojených do sítě VN nebo 110kV, musí být od hodnoty instalovaného výkonu 100kWp instalováno zařízení pro dispečerské řízení jalového výkonu. Dohodnutý rozsah jalového výkonu musí být využitelný během několika minut a libovolně často. PDS zadává dálkově, prostřednictvím dispečinku (obvykle s využitím HDO), žádané hodnoty, kterými jsou:

- pevná hodnotu $\cos \varphi$,
- hodnota účinníku $\cos \varphi = f(P)$ nastavitelné v průběhu,
- hodnota jalového výkonu,
- hodnota napětí,
- charakteristika $Q(U)$ nastavitelné mezi 10s – 1min.

Je nutno řešit nejen kompenzování a řízení jalového výkonu, ale i omezení harmonických napětí, frekvence a signálu HDO.

4.4 Návrh regulátoru jalového výkonu

Pro správný návrh je třeba znát maximální činný výkon a účinník v místě měření jak pro hodnoty dodávky tak odběru (noční provoz), dále požadavky PDS. Impedance rozvodů transformátorů je nutno zohlednit. Regulátor musí být dostatečně rychlý, aby zachytil rychlé změny činného výkonu (rychlá oblačnost), je tedy kladen požadavek na schopnost rychlé a časté regulace.

U měničů uzpůsobených pro řízení jalového výkonu lze předpokládat vysokou úspěšnost při kompenzování na požadované hodnoty.

U měničů, u kterých regulaci lze uskutečňovat připojováním a odpojováním kompenzačních kondenzátorů a dekompenzačních tlumivek, je nutno správně volit velikost jednotlivých stupňů pro přesnost regulace a, co se týče rychlosti, pro co nejmenší počet sepnutí v době rychlých oblačností [11].

Oba výše uvedené způsoby lze úspěšně kombinovat v tzv. hybridním typu regulátoru.

4.4.1 Hybridní regulátor jalového výkonu

Generování jalového proudu se děje jak aktivním, tak pasivním způsobem. Jedná se o cenově příznivou kombinaci, při zachování vysoké dynamiky a plynulosti regulace. Potřebný jalový výkon je dosažen kombinací plynule řízené statické části (generování proudu je zajištěno řízením napěťového zdroje připojeného přes indukčnost do sítě) v kombinaci s kondenzačními kondenzátory a dekompenzačními tlumivkami spínanými stupňovitě, tak aby byl dodržen požadovaný účinník. Řízení hybridního regulátoru je optimalizováno na dynamiku soustavy, udržení co nejnižších výkonových ztrát a omezení četnosti spínání jednotlivých stupňů pasivních prvků. Dálkové řízení z dispečinku je předáváno ze skříně dálkového ovládání, převážně kontaktně. Další dovybavení zařízení je datalogger, který zaznamenává všechny regulační zásahy, včetně naměřených hodnot. Záznamy lze stáhnout místně a i dálkově. Regulátory jsou třífázové, výrobní řada regulátoru 100, 160, 200, 250, 315, 400, 630, 800, 1000, 1250 a 1600 kVA je vztažena na příslušný transformátor, přes který je FVE připojena do sítě VN. Regulátor má dostatečnou kapacitu i pro dekompenzaci nevyžádané dodávky jalového výkonu. Zapojení regulátoru mezi FVE a transformátor je zobrazeno v následujícím obrázku 4-3 [11] [12].

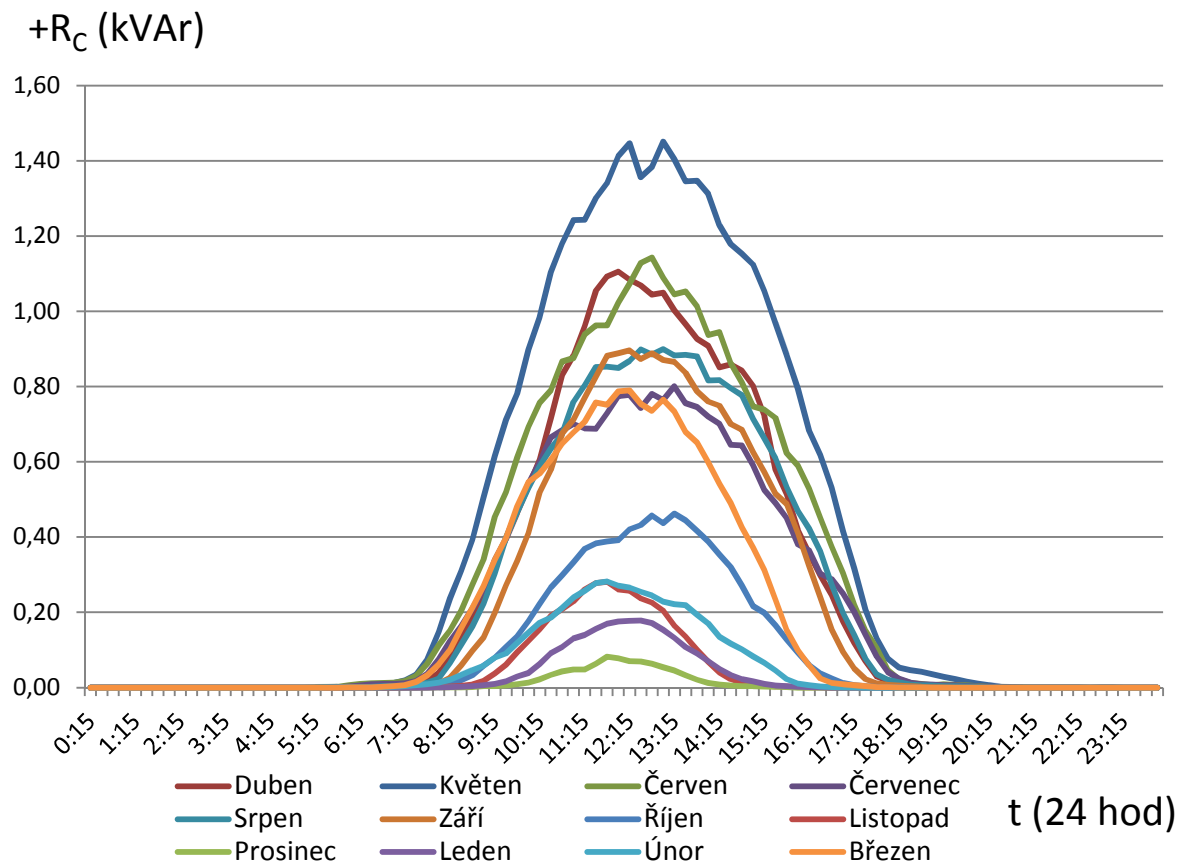


obr. 4-3 Zapojení regulátoru mezi FVE a transformátor

V příloze č. 4 je uvedený hybridní regulátor jalového výkonu.

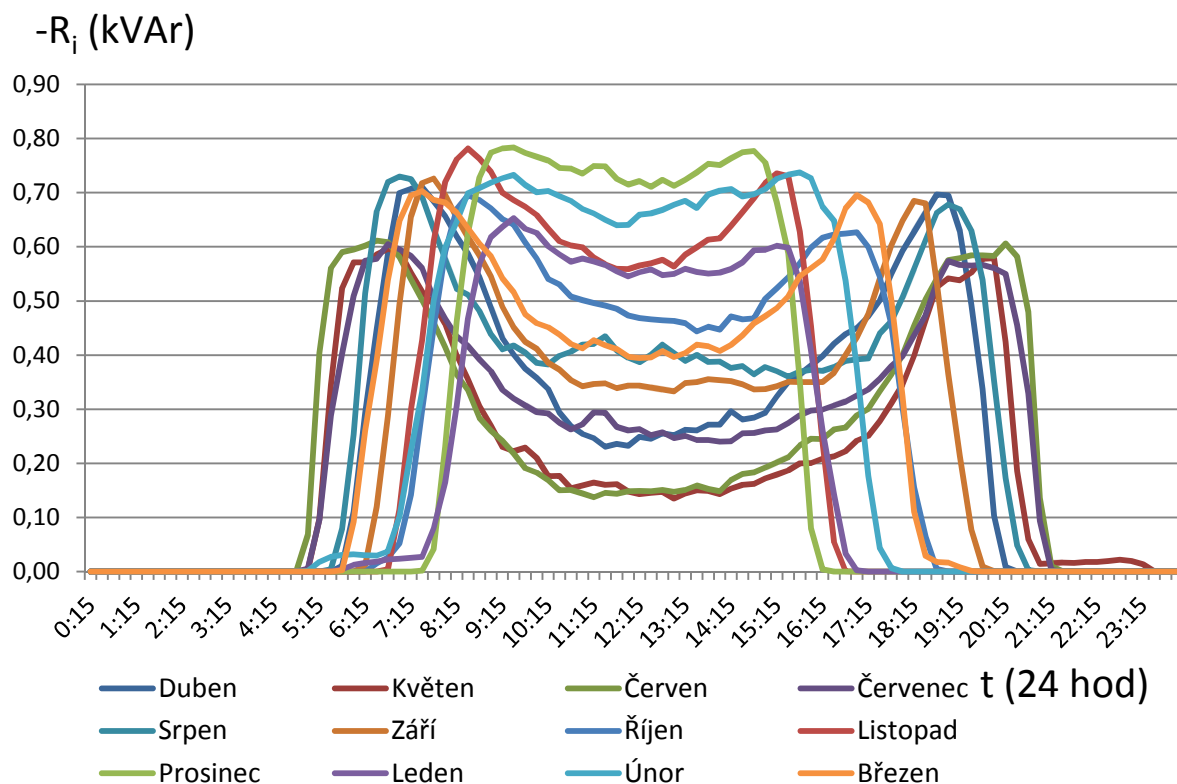
4.5 Posouzení dodávky a odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu

Pro posouzení dodávky a odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu bylo vybráno 10 FVE z celé ČR o instalovaném výkonu 1MW. FVE se při dodávce činného výkonu pohybují s jalovým výkonem ve druhém a i třetím kvadrantu. Dochází jak k dodávce jalového výkonu induktivního charakteru do DS, tak i k odběru jalového výkonu kapacitního charakteru.



obr. 4-4 Průměrné naměřené hodnoty odběru jalového výkonu $+R_c$ při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

Z grafu na obr. 4-4 je patrný odběr jalového výkonu kapacitního charakteru. Naměřené a vynesené hodnoty jsou průměrné čtvrt hodinové. Nejvyšších hodnot je dosaženo v měsíci červenci, nejnižších v měsíci prosinci. Hodnoty účinníku povolené pro tento odběr jsou určeny PDS, standardně bývají $\cos \varphi = 0,98 - 1$. Jalový výkon je měřen v průběhu celého dne a je vyhodnocován měsíčně, pro každý kvadrant samostatně. Součet naměřených hodnot jalového výkonu podělíme celkovým součtem činného výkonu a získáme $\tan \varphi$, z něho vypočteme $\cos \varphi$. Pokud vypočtená hodnota není v toleranci dohodnutého $\cos \varphi$ s PDS, pak hodnoty nad rámec dohodnutého $\cos \varphi$ jsou zpoplatněny dle cenového rozhodnutí ERÚ a to 440,-Kč za 1MVar. Vyhodnocení jalového výkonu se uskutečňuje po měsících. Všechny sledované elektrárny tuto hodnotu splnily.



obr. 4-5 Průměrné naměřené hodnoty dodávky jalového výkonu $-R_i$ při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

Z grafu na obr. 4-5 je patrná dodávka jalového výkonu induktivního charakteru. Naměřené a vynesené hodnoty jsou průměrné čtvrt hodinové. Nejvyšších hodnot je dosaženo v měsíci prosinec, nejmenších v měsíci květen. Hodnoty účinku povolené pro tento odběr jsou určeny PDS, standardně bývají $\cos \varphi = 0,98 - 1$. Jalový výkon je měřen v průběhu celého dne a je vyhodnocován měsíčně, pro každý kvadrant samostatně. Součet naměřených hodnot jalového výkonu v tab. 4-1, 4-2, 4-7, 4-8 podělíme celkovým součtem činného výkonu v tab. 4-3, 4-9 a získáme $\tan \varphi$, z něho vypočteme $\cos \varphi$. Pokud vypočtená hodnota není v toleranci dohodnutého $\cos \varphi$ s PDS, pak hodnoty nad rámec dohodnutého $\cos \varphi$ tab. 4-4, 4-5, 4-10, 4-11, jsou zpoplatněny dle cenového rozhodnutí ERÚ a to 440,-Kč za 1MVar. Vyhodnocení jalového výkonu se uskutečňuje po měsících. Všechny sledované elektrárny tuto hodnotu nesplnily a byly penalizovány. Přehled penalizací je uveden v následující tabulce 4-6 a 4-12.

tab. 4-1 Přehled dodávky jalového výkonu při dodávce činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce

| -Ri /kVArh/ | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Pořadové číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 7372 | 2471 | 421 | 92 | 4047 | 6957 | 6480 | 8371 | 1545 | 15174 |
| Květen | 8261 | 2607 | 440 | 98 | 3595 | 7418 | 6684 | 2866 | 1651 | 12233 |
| Červen | 8739 | 3006 | 600 | 113 | 4064 | 8217 | 7731 | 2383 | 1790 | 11292 |
| Červenec | 8818 | 3101 | 615 | 102 | 4982 | 9883 | 8344 | 3077 | 2240 | 15083 |
| Srpen | 7994 | 2678 | 548 | 91 | 3290 | 5888 | 5443 | 28146 | 1482 | 8920 |
| Září | 6923 | 2204 | 444 | 77 | 2778 | 5341 | 5030 | 19077 | 1371 | 7653 |
| Říjen | 6137 | 2212 | 536 | 97 | 3789 | 6788 | 5873 | 16147 | 1641 | 12583 |
| Listopad | 4632 | 2204 | 474 | 146 | 3891 | 6196 | 5227 | 13331 | 1520 | 13886 |
| Prosinec | 4287 | 1928 | 437 | 180 | 4377 | 6978 | 6605 | 12328 | 1750 | 15198 |
| Leden | 4764 | 1966 | 419 | 147 | 3862 | 6513 | 5615 | 4636 | 1936 | 15327 |
| Únor | 5312 | 2087 | 415 | 52 | 3474 | 6115 | 5085 | 12402 | 1779 | 19136 |
| Březen | 6534 | 2160 | 423 | 93 | 3167 | 5921 | 5306 | 17844 | 1636 | 15942 |
| Celkem | 79773 | 28623 | 5770 | 1287 | 45316 | 82214 | 73423 | 140608 | 20340 | 162425 |

tab. 4-2 Přehled odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce

| +Rc /kVArh/ | | | | | | | | | | |
|--------------------|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pořadové číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 5 | 1063 | 2091 | 6560 | 9532 | 5361 | 6596 | 10831 | 9301 | 4233 |
| Květen | 3 | 1451 | 2269 | 8531 | 14261 | 8084 | 11588 | 21696 | 14892 | 6716 |
| Červen | 12 | 999 | 1480 | 7603 | 9030 | 5069 | 7540 | 16129 | 9941 | 4022 |
| Červenec | 5 | 728 | 1816 | 5958 | 7301 | 4056 | 6568 | 12308 | 7182 | 3281 |
| Srpen | 6 | 934 | 2013 | 6100 | 11221 | 5910 | 9964 | 1383 | 10618 | 5444 |
| Září | 2 | 826 | 1638 | 5455 | 9644 | 5545 | 7586 | 0 | 8931 | 5044 |
| Říjen | 0 | 243 | 535 | 3270 | 4292 | 2296 | 3639 | 0 | 4329 | 2140 |
| Listopad | 0 | 0 | 72 | 1189 | 1489 | 1099 | 2310 | 0 | 1721 | 455 |
| Prosinec | 0 | 0 | 67 | 693 | 350 | 261 | 36 | 0 | 644 | 0 |
| Leden | 0 | 2 | 329 | 1488 | 1051 | 701 | 277 | 1348 | 493 | 0 |
| Únor | 0 | 49 | 1034 | 1989 | 3046 | 1656 | 1092 | 0 | 1443 | 32 |
| Březen | 2 | 869 | 2053 | 5679 | 9437 | 5386 | 6374 | 0 | 7278 | 2761 |
| Celkem | 36 | 7164 | 15396 | 54514 | 80651 | 45425 | 63568 | 63695 | 76771 | 34127 |

tab. 4-3 Přehled dodávky činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce

| -A /kWh/ | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Pořadové číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 131731 | 131578 | 113268 | 136049 | 142640 | 131860 | 119821 | 139875 | 123607 | 118292 |
| Květen | 157357 | 158552 | 123563 | 172467 | 188638 | 170777 | 167666 | 171161 | 167497 | 148834 |
| Červen | 131783 | 133586 | 105200 | 155833 | 151042 | 143934 | 133424 | 147086 | 136554 | 120884 |
| Červenec | 118992 | 120055 | 109313 | 130074 | 129432 | 120294 | 119523 | 123276 | 110363 | 101688 |
| Srpen | 127431 | 131456 | 112916 | 131981 | 161234 | 133678 | 154808 | 144022 | 143828 | 131832 |
| Září | 111790 | 115068 | 92838 | 118874 | 139692 | 132137 | 126227 | 132744 | 120396 | 110749 |
| Říjen | 78665 | 68790 | 37360 | 73808 | 79439 | 76899 | 79637 | 86769 | 74388 | 71179 |
| Listopad | 26741 | 23403 | 14738 | 30182 | 42171 | 49578 | 59487 | 62066 | 49505 | 50691 |
| Prosinec | 19887 | 12748 | 15103 | 18970 | 20780 | 21214 | 18788 | 22198 | 27855 | 26541 |
| Leden | 35529 | 24227 | 32524 | 35421 | 34605 | 37080 | 17904 | 24936 | 23847 | 24134 |
| Únor | 57462 | 48767 | 59935 | 44384 | 62980 | 59845 | 39239 | 41881 | 43883 | 37638 |
| Březen | 110535 | 110284 | 102137 | 114637 | 131714 | 123721 | 104231 | 122587 | 107075 | 97046 |
| Celkem | 1107900 | 1078513 | 918893 | 1162679 | 1284365 | 1201015 | 1140753 | 1218600 | 1128797 | 1039507 |

tab. 4-4 Výpočet $\cos \varphi$ pro druhý kvadrant při +Rc a -A

| $\cos \varphi$ (0,98 – 1), druhý kvadrant | | | | | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| +RC/-A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 1,00000 | 0,99997 | 0,99983 | 0,99884 | 0,99777 | 0,99917 | 0,99849 | 0,99702 | 0,99718 | 0,99936 |
| Květen | 1,00000 | 0,99996 | 0,99983 | 0,99878 | 0,99715 | 0,99888 | 0,99762 | 0,99206 | 0,99607 | 0,99898 |
| Červen | 1,00000 | 0,99997 | 0,99990 | 0,99881 | 0,99822 | 0,99938 | 0,99841 | 0,99404 | 0,99736 | 0,99945 |
| Červenec | 1,00000 | 0,99998 | 0,99986 | 0,99895 | 0,99841 | 0,99943 | 0,99849 | 0,99505 | 0,99789 | 0,99948 |
| Srpen | 1,00000 | 0,99997 | 0,99984 | 0,99893 | 0,99759 | 0,99902 | 0,99793 | 0,99995 | 0,99729 | 0,99915 |
| Září | 1,00000 | 0,99997 | 0,99984 | 0,99895 | 0,99763 | 0,99912 | 0,99820 | 1,00000 | 0,99726 | 0,99896 |
| Říjen | 1,00000 | 0,99999 | 0,99990 | 0,99902 | 0,99854 | 0,99955 | 0,99896 | 1,00000 | 0,99831 | 0,99955 |
| Listopad | 1,00000 | 1,00000 | 0,99999 | 0,99923 | 0,99938 | 0,99975 | 0,99925 | 1,00000 | 0,99940 | 0,99996 |
| Prosinec | 1,00000 | 1,00000 | 0,99999 | 0,99933 | 0,99986 | 0,99992 | 1,00000 | 1,00000 | 0,99973 | 1,00000 |
| Leden | 1,00000 | 1,00000 | 0,99995 | 0,99912 | 0,99954 | 0,99982 | 0,99988 | 0,99854 | 0,99979 | 1,00000 |
| Únor | 1,00000 | 1,00000 | 0,99985 | 0,99900 | 0,99883 | 0,99962 | 0,99961 | 1,00000 | 0,99946 | 1,00000 |
| Březen | 1,00000 | 0,99997 | 0,99980 | 0,99878 | 0,99744 | 0,99905 | 0,99814 | 1,00000 | 0,99770 | 0,99960 |

tab. 4-5 Výpočet $\cos \varphi$ pro třetí kvadrant při – Ri a -A

| $\cos \varphi$ (0,98 – 1), třetí kvadrant | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| -Ri/-A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 0,99844 | 0,99982 | 0,99999 | 1,00000 | 0,99960 | 0,99861 | 0,99854 | 0,99821 | 0,99992 | 0,99187 |
| Květen | 0,99862 | 0,99986 | 0,99999 | 1,00000 | 0,99982 | 0,99906 | 0,99921 | 0,99986 | 0,99995 | 0,99664 |
| Červen | 0,99781 | 0,99975 | 0,99998 | 1,00000 | 0,99964 | 0,99837 | 0,99833 | 0,99987 | 0,99991 | 0,99567 |
| Červenec | 0,99727 | 0,99967 | 0,99998 | 1,00000 | 0,99926 | 0,99664 | 0,99757 | 0,99969 | 0,99979 | 0,98918 |
| Srpen | 0,99804 | 0,99979 | 0,99999 | 1,00000 | 0,99979 | 0,99903 | 0,99938 | 0,98143 | 0,99995 | 0,99772 |
| Září | 0,99809 | 0,99982 | 0,99999 | 1,00000 | 0,99980 | 0,99918 | 0,99921 | 0,98983 | 0,99994 | 0,99762 |
| Říjen | 0,99697 | 0,99948 | 0,99990 | 1,00000 | 0,99886 | 0,99613 | 0,99729 | 0,98312 | 0,99976 | 0,98473 |
| Listopad | 0,98533 | 0,99560 | 0,99948 | 0,99999 | 0,99577 | 0,99228 | 0,99616 | 0,97770 | 0,99953 | 0,96447 |
| Prosinec | 0,97754 | 0,98876 | 0,99958 | 0,99996 | 0,97853 | 0,94993 | 0,94340 | 0,87422 | 0,99803 | 0,86780 |
| Leden | 0,99113 | 0,99672 | 0,99992 | 0,99999 | 0,99383 | 0,98492 | 0,95417 | 0,98315 | 0,99672 | 0,84415 |
| Únor | 0,99575 | 0,99909 | 0,99998 | 1,00000 | 0,99848 | 0,99482 | 0,99171 | 0,95884 | 0,99918 | 0,89141 |
| Březen | 0,99826 | 0,99981 | 0,99999 | 1,00000 | 0,99971 | 0,99886 | 0,99871 | 0,98957 | 0,99988 | 0,98677 |

tab. 4-6 Vypočtené penalizační částky za nedodržení účínku, nevyžádanou dodávku jalového výkonu do DS při -A

| Penalizace při dodávce činného výkonu /Kč/ | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|----------|--------------|
| Poř. číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Květen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Červen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Červenec | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Srpen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Září | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Říjen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Listopad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 312 | 0 | 1580 |
| Prosinec | 110 | 0 | 0 | 0 | 69 | 1174 | 1227 | 3441 | 0 | 4315 |
| Leden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 870 | 0 | 0 | 4587 |
| Únor | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1715 | 0 | 5056 |
| Březen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Celkem | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1174 | 1227 | 5468 | 0 | 15538 |

tab. 4-7 Přehled odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce

| +Ri /kVArh/ | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|-------|-------|------|---|---|------|------|----|
| Poř. číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 0,25 | 0 | 0 | 61,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Květen | 0 | 0 | 0 | 59,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Červen | 0 | 0 | 0 | 33,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Červenec | 0 | 0,25 | 0 | 23,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Srpen | 1,5 | 0 | 0 | 44,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Září | 0 | 0 | 0 | 61,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Říjen | 0 | 0 | 0 | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,25 | 0 |
| Listopad | 0 | 0 | 0 | 50,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Prosinec | 0 | 0 | 0,25 | 47,75 | 0 | 0 | 0 | 0,25 | 0 | 0 |
| Leden | 0 | 0 | 19,75 | 56,25 | 1,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Únor | 0 | 0,25 | 0 | 3 | 0,25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Březen | 0 | 0,25 | 0 | 44,25 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Celkem | 1,75 | 0,75 | 20 | 561,5 | 2,25 | 0 | 0 | 0,25 | 0,25 | 0 |

tab. 4-8 Přehled dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce

| -Rc /kVArh/ | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Poř. číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 1339 | 2623 | 1117 | 97 | 2243 | 4987 | 2902 | 7628 | 4066 | 3859 |
| Květen | 1202 | 2361 | 1037 | 102 | 1192 | 4404 | 2539 | 6664 | 3573 | 3535 |
| Červen | 1097 | 2134 | 952 | 118 | 1025 | 3932 | 2239 | 5620 | 3156 | 3250 |
| Červenec | 1193 | 2349 | 1028 | 85 | 1157 | 4242 | 2449 | 6593 | 3510 | 3588 |
| Srpen | 1295 | 2582 | 1113 | 112 | 1263 | 4139 | 2725 | 7378 | 3899 | 3752 |
| Září | 1529 | 2958 | 1223 | 104 | 1433 | 5251 | 3092 | 7878 | 4452 | 4017 |
| Říjen | 1943 | 3615 | 1543 | 87 | 1737 | 6381 | 3678 | 9726 | 5350 | 4781 |
| Listopad | 2203 | 3950 | 1682 | 220 | 1917 | 7041 | 3939 | 10446 | 5808 | 5242 |
| Prosinec | 2392 | 4435 | 1787 | 117 | 2126 | 7862 | 4410 | 11522 | 6399 | 5772 |
| Leden | 2310 | 4318 | 1626 | 101 | 1493 | 7611 | 4357 | 11881 | 6391 | 5936 |
| Únor | 1952 | 3578 | 1408 | 125 | 700 | 6499 | 3508 | 10368 | 5295 | 4828 |
| Březen | 1807 | 3275 | 1296 | 134 | 601 | 5832 | 3157 | 8820 | 4877 | 4548 |
| Celkem | 20261 | 38177 | 15811 | 1400 | 16887 | 68179 | 38993 | 104523 | 56776 | 53108 |

tab. 4-9 Přehled odběru činného výkonu u 10 vybraných FVE za jednotlivé měsíce

| +A /kWh/ | | | | | | | | | | |
|----------------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Poř. číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 645 | 956 | 846 | 540 | 463 | 550 | 445 | 574 | 876 | 688 |
| Květen | 570 | 870 | 686 | 500 | 406 | 483 | 393 | 472 | 513 | 588 |
| Červen | 501 | 725 | 616 | 464 | 397 | 403 | 343 | 368 | 340 | 476 |
| Červenec | 554 | 815 | 659 | 486 | 415 | 438 | 372 | 519 | 374 | 522 |
| Srpen | 614 | 904 | 727 | 570 | 485 | 429 | 416 | 676 | 412 | 548 |
| Září | 699 | 966 | 779 | 608 | 564 | 562 | 473 | 550 | 483 | 630 |
| Říjen | 862 | 1343 | 1002 | 701 | 692 | 767 | 567 | 721 | 652 | 790 |
| Listopad | 969 | 1572 | 1314 | 804 | 698 | 1222 | 614 | 805 | 909 | 969 |
| Prosinec | 1068 | 1903 | 1413 | 839 | 751 | 1514 | 689 | 849 | 1255 | 1059 |
| Leden | 1032 | 1859 | 1445 | 817 | 760 | 1654 | 709 | 899 | 1307 | 1099 |
| Únor | 870 | 1561 | 1521 | 704 | 657 | 1700 | 589 | 825 | 887 | 924 |
| Březen | 797 | 1485 | 993 | 644 | 617 | 929 | 518 | 699 | 599 | 783 |
| Celkem | 9180 | 14958 | 11999 | 7676 | 6905 | 10648 | 6127 | 7954 | 8606 | 9075 |

tab. 4-10 Výpočet $\cos \varphi$ pro čtvrtý kvadrant při -Rc a +A

| $\cos \varphi (1)$, čtvrtý kvadrant | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| -RC/+A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 0,43404 | 0,34241 | 0,60365 | 0,98430 | 0,20220 | 0,10958 | 0,15143 | 0,07498 | 0,21052 | 0,17548 |
| Květen | 0,42840 | 0,34591 | 0,55187 | 0,97988 | 0,32253 | 0,10903 | 0,15295 | 0,07062 | 0,14218 | 0,16400 |
| Červen | 0,41508 | 0,32165 | 0,54294 | 0,96937 | 0,36133 | 0,10185 | 0,15153 | 0,06535 | 0,10710 | 0,14492 |
| Červenec | 0,42117 | 0,32788 | 0,53948 | 0,98502 | 0,33738 | 0,10259 | 0,15018 | 0,07848 | 0,10588 | 0,14403 |
| Srpen | 0,42842 | 0,33034 | 0,54691 | 0,98133 | 0,35848 | 0,10304 | 0,15081 | 0,09128 | 0,10514 | 0,14451 |
| Září | 0,41601 | 0,31051 | 0,53714 | 0,98576 | 0,36638 | 0,10633 | 0,15132 | 0,06961 | 0,10775 | 0,15482 |
| Říjen | 0,40558 | 0,34824 | 0,54485 | 0,99238 | 0,36987 | 0,11931 | 0,15238 | 0,07390 | 0,12101 | 0,16308 |
| Listopad | 0,40241 | 0,36975 | 0,61554 | 0,96460 | 0,34232 | 0,17103 | 0,15402 | 0,07679 | 0,15456 | 0,18169 |
| Prosinec | 0,40773 | 0,39423 | 0,62005 | 0,99045 | 0,33304 | 0,18906 | 0,15427 | 0,07344 | 0,19242 | 0,18038 |
| Leden | 0,40789 | 0,39538 | 0,66416 | 0,99241 | 0,45365 | 0,21231 | 0,16056 | 0,07543 | 0,20039 | 0,18210 |
| Únor | 0,40685 | 0,39975 | 0,73384 | 0,98461 | 0,68423 | 0,25304 | 0,16558 | 0,07927 | 0,16512 | 0,18799 |
| Březen | 0,40365 | 0,41302 | 0,60820 | 0,97912 | 0,71605 | 0,15728 | 0,16186 | 0,07895 | 0,12192 | 0,16966 |

tab. 4-11 Výpočet $\cos \varphi$ pro první kvadrant při +Ri a +A

| $\cos \varphi$ (0,95 – 1), první kvadrant | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|-----------|-----------|-----------|---|---|---|-----------|----|
| +RI/+A | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 0,9999999 | 1 | 1 | 0,9935653 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Květen | 1 | 1 | 1 | 0,9929214 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Červen | 1 | 1 | 1 | 0,9973623 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Červenec | 1 | 1 | 1 | 0,9988553 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Srpen | 0,999997 | 1 | 1 | 0,9970028 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Září | 1 | 1 | 1 | 0,9949681 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Říjen | 1 | 1 | 1 | 0,9941701 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9999999 | 1 |
| Listopad | 1 | 1 | 1 | 0,998032 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Prosinec | 1 | 1 | 1 | 0,9983834 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Leden | 1 | 1 | 0,9999066 | 0,9976383 | 0,9999981 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Únor | 1 | 1 | 1 | 0,9999909 | 0,9999999 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Březen | 1 | 1 | 1 | 0,9976495 | 0,9999997 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

tab. 4-12 Vypočtené penalizační částky za nedodržení účinníku, nevyžádanou dodávku jalového výkonu do DS při +A

| Penalizace při odběru činného výkonu /Kč/ | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|------|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Poř. číslo FVE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duben | 589 | 1154 | 491 | 43 | 987 | 2194 | 1277 | 3356 | 1789 | 1698 |
| Květen | 529 | 1039 | 456 | 45 | 525 | 1938 | 1117 | 2932 | 1572 | 1556 |
| Červen | 483 | 939 | 419 | 52 | 451 | 1730 | 985 | 2473 | 1389 | 1430 |
| Červenec | 525 | 1034 | 452 | 37 | 509 | 1867 | 1078 | 2901 | 1544 | 1579 |
| Srpen | 570 | 1136 | 490 | 49 | 556 | 1821 | 1199 | 3246 | 1716 | 1651 |
| Září | 673 | 1302 | 538 | 46 | 631 | 2310 | 1360 | 3466 | 1959 | 1767 |
| Říjen | 855 | 1590 | 679 | 38 | 764 | 2808 | 1618 | 4280 | 2354 | 2104 |
| Listopad | 969 | 1738 | 740 | 97 | 843 | 3098 | 1733 | 4596 | 2555 | 2306 |
| Prosinec | 1052 | 1951 | 786 | 51 | 936 | 3459 | 1940 | 5070 | 2816 | 2540 |
| Leden | 1016 | 1900 | 716 | 45 | 657 | 3349 | 1917 | 5227 | 2812 | 2612 |
| Únor | 859 | 1574 | 620 | 55 | 308 | 2859 | 1544 | 4562 | 2330 | 2124 |
| Březen | 795 | 1441 | 570 | 59 | 264 | 2566 | 1389 | 3881 | 2146 | 2001 |
| Celkem | 8915 | 16798 | 6957 | 616 | 7430 | 29999 | 17157 | 45990 | 24981 | 23367 |

5 Posouzení možnosti eliminace negativních vlivů

5.1 Detailní rozbor jedné FVE s instalovaným výkonem 1085 kW

5.1.1 Použité komponenty, získaná a naměřená data

5.1.1.1 FVE moduly

Monokrystalické moduly HB-TECH 180W – 6038ks

Plocha modulů celkem 7708m²

Účinnost 14,1%

Datový list v příloze č. 1

5.1.1.2 Střídače

REFUSOL 15K 17,5kW – 60ks

Datový list v příloze č. 2

5.1.1.3 Klimatologická data

Slunečního svitu za 1 rok 1758hodin

Suma globálního záření 1120 kWh/m²

5.1.1.4 Skutečně naměřená data za 1 rok

| | |
|--|------------|
| Dodávka činného výkonu –A | 994228 kWh |
| Odběr činného výkonu +A | 9355 kWh |
| Dodávka jalového výkonu -Ri při dodávce –A | 98040 kVAr |
| Odběr jalového výkonu +Rc při dodávce –A | 20780 kVAr |
| Dodávka jalového výkonu –Rc při odběru +A | 550 kVAr |
| Odběr jalového výkonu +Ri při odběru +A | 2 kVAr |

5.1.2 Posouzení výnosnosti Performance Ratio(výkon, výsledek a ratio poměr, podíl)

Jedna z nejdůležitějších veličin pro hodnocení účinností FV systému.

Jedná se o poměr skutečného energetického výnosu k teoreticky možnému výnosu.

Udává se v procentech. Čím více se hodnota blíží k 100%, tím více je FV systém efektivnější.

Hodnoty 100% nelze dosáhnout, jelikož některým ztrátám se nelze vyhnout, např. ztráty na kabelech, zahřívání FV panelů a další. Přesto instalované FVE dosahují Performance Ratio (PR) kolem 80%.

5.1.2.1 Výpočet PR

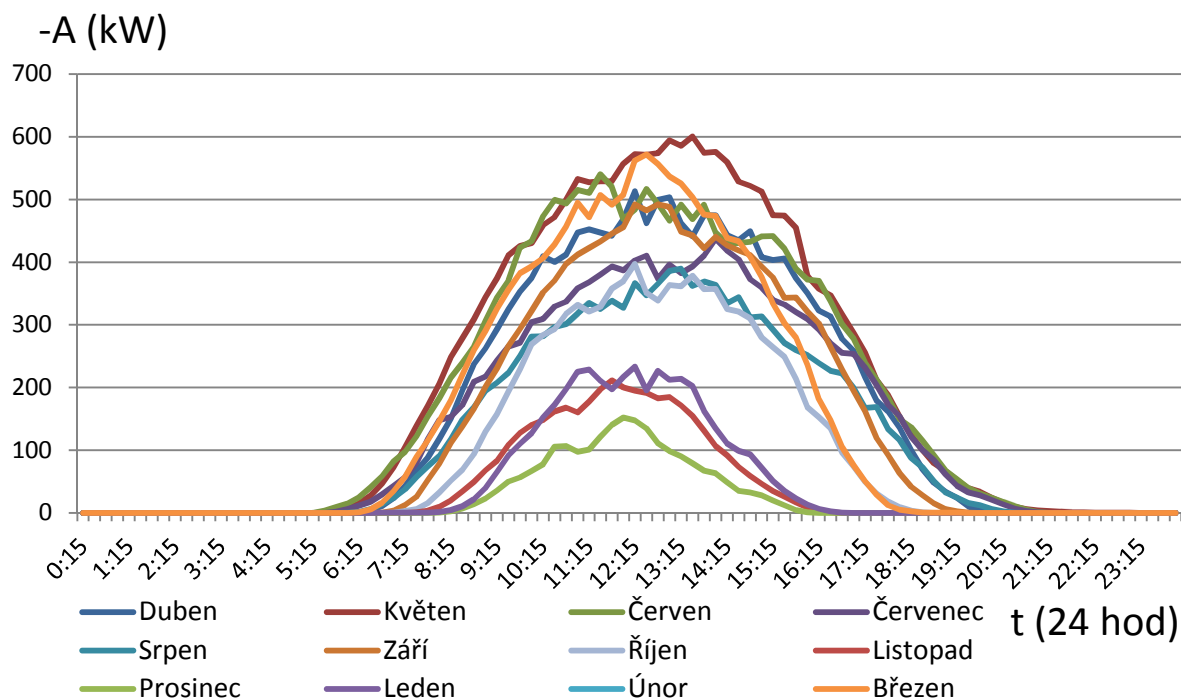
$$PR = \frac{\text{skutečný energetický výnos FV systému v kWh za rok}}{\text{vypočítaný energetický výnos FV systému v kWh za rok}}$$

$$PR = \frac{994208 \text{ kWh}}{\text{suma globálního záření} \times \text{plocha panelů} \times \text{účinnost panelů}}$$

$$PR = \frac{994208}{1120 \times 7708 \times 0,141} = 81\%$$

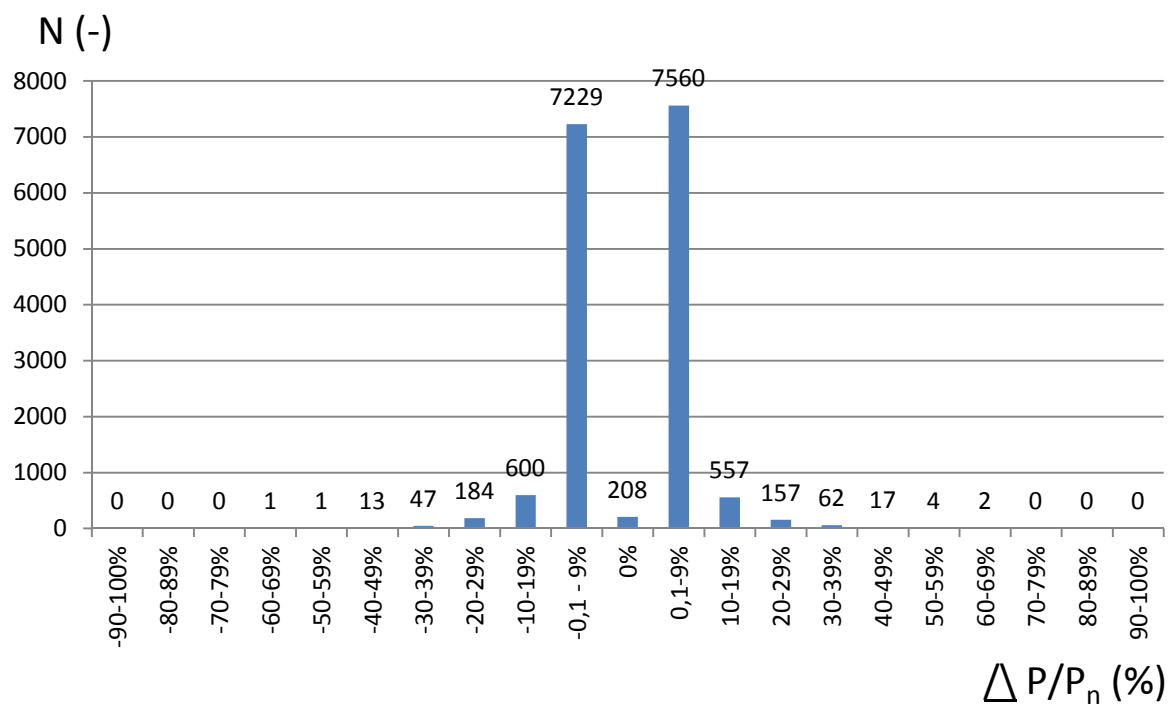
Z výsledku vyplývá, že zkoumaná elektrárna má poměrně vysokou výnosnost 81% a jen 19% sluneční energie není v důsledcích ztrát, poruch a jiných okolností využito.

5.1.3 Vyhodnocení dodávky činného výkonu v závislosti na jednotlivých měsících v roce



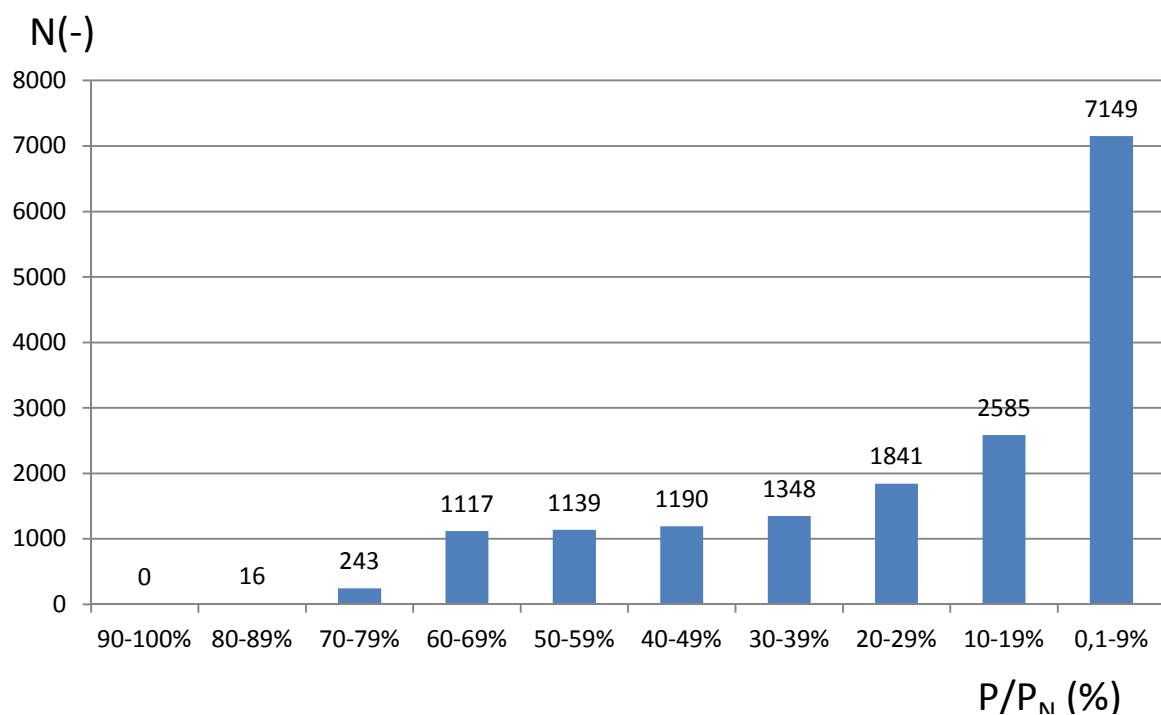
obr. 5-1 Průměrné naměřené hodnoty dodávky činného výkonu za jednotlivé měsíce

Z grafu na obr. 5-1 je patrná dodávka činného výkonu do DS. Naměřené a vynesené hodnoty jsou průměrné čtvrt hodinové. Nejvyšších hodnot je dosaženo v měsíci květnu, nejnižších v měsíci prosinci. Jedná se o průměrné měsíční hodnoty. Maximální hodnota byla naměřena 894 kW.



obr. 5-2 Počet změn za období 1 rok v procentech

Z grafu na obr. 5-2 je patrné, že změn výkonů (měřené čtvrtročníkové výkony) je nejvíce v rozmezí + (0,1 – 9) % v počtu 7560 za rok, následuje změna – (0,1 – 9) % v počtu 7229 za rok. Největší změny výkonů o – (60-69) % jsou v počtu 1 za rok a změny výkonů o + (60-69) % jsou v počtu 2 za rok.



obr. 5-3 Počet naměřených jednotek ($1/4 \max.$) rozdělených podle četnosti N(-) a velikosti P/PN (%)

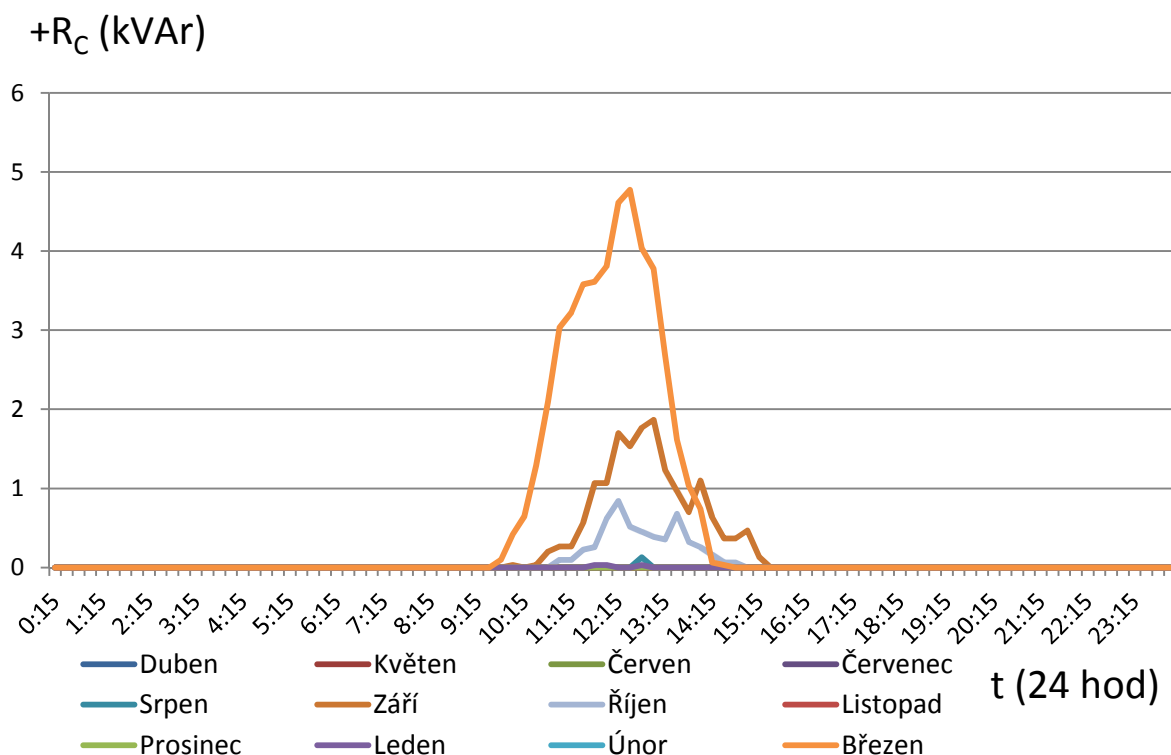
V grafické závislosti velikosti dodávky činného výkonu ve čtvrthodinách, je patrné na obr. 5-3, že max. výkon produkovaný elektrárnou se pohybuje v (70 – 79) % v počtu 243 za rok, nejčtenější je velikost dodávaného výkonu (0,1-9) %, a to v počtu 7149 za rok. Výkon je přepočtený procentuálně k instalovanému výkonu.

5.1.3.1 Přehled dodávky činného výkonu

tab. 5-1 Přehled dodávky činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce

| -A | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Sledované období 04/2011 - 03/2012 | Součet průměrných 1/4h /kW/ | Součet průměrných 1h /kWh/ |
| Duben | 458 490 | 114 623 |
| Květen | 587 490 | 146 873 |
| Červen | 518 925 | 129 731 |
| Červenec | 422 403 | 105 601 |
| Srpen | 357 375 | 89 344 |
| Září | 403 665 | 100 916 |
| Říjen | 293 309 | 73 327 |
| Listopad | 112 386 | 28 097 |
| Prosinec | 66 015 | 16 504 |
| Leden | 129 039 | 32 260 |
| Únor | 185 798 | 46 450 |
| Březen | 442 229 | 110 557 |
| Celkem | 3 977 124 | 994 281 |

5.1.4 Vyhodnocení odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu



obr. 5-4 Průměrné naměřené hodnoty odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

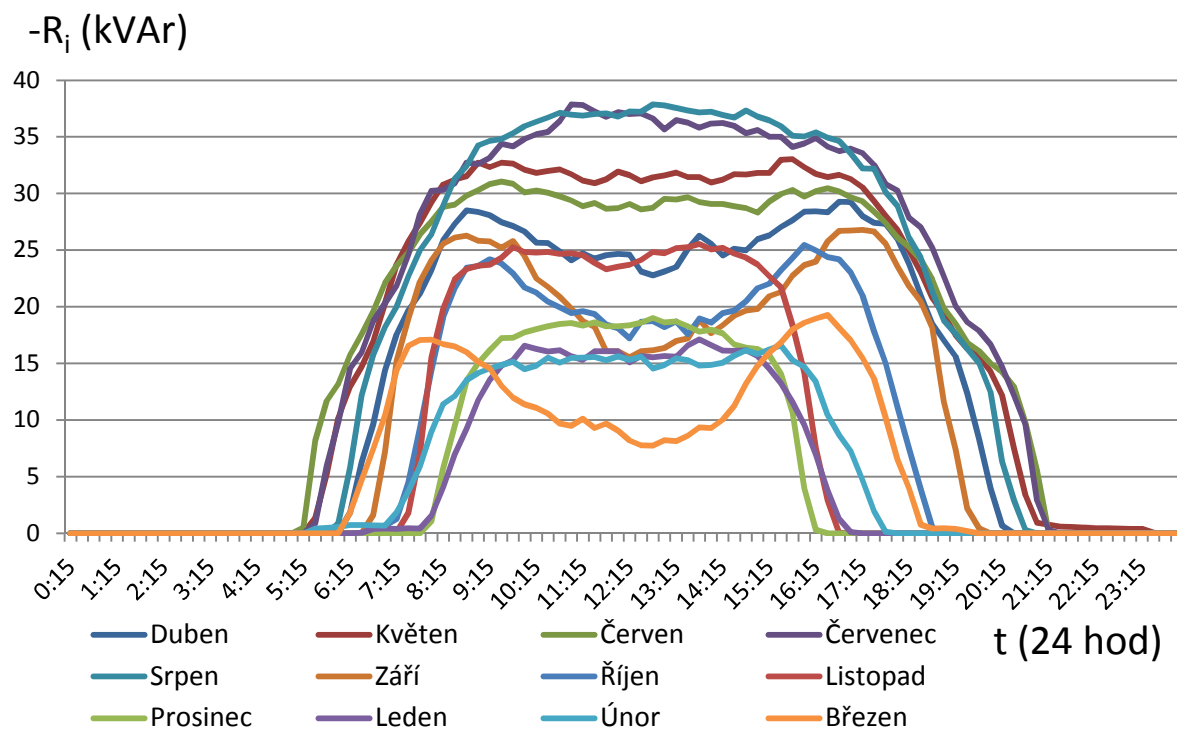
Z grafu na obr. 5-4 je patrný odběr jalového výkonu kapacitního charakteru. Naměřené a vynesené hodnoty jsou průměrné čtvrt hodinové. Nejvyšších hodnot je dosaženo v měsíci březnu, nejnižších v měsíci červenci, v ostatních měsících jsou naměřené hodnoty takřka nulové. Hodnoty účinníku povolené pro tento odběr jsou určeny PDS, standardně bývají $\cos \varphi = 0,98 - 1$. Hodnoty za jednotlivé měsíce byly splněny.

5.1.4.1 Přehled odběru jalového výkonu při -A

tab. 5-2 Přehled odběru jalového výkonu při dodávce činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za a jednotlivé měsíce, včetně penalizace

| +R _C | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|-----------|
| Sledované období 04/2011 - 03/2012 | Součet průměrných 1/4h /kW/ | Součet průměrných 1h /kWh/ | cos φ 0,98-1 | Celkem Kč |
| Duben | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Květen | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Červen | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Červenec | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Srpen | 4 | 1 | 1 | 0 |
| Září | 490 | 122,5 | 0,99 | 0 |
| Říjen | 167 | 41,75 | 0,99 | 0 |
| Listopad | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Prosinec | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Leden | 3 | 0,75 | 1 | 0 |
| Únor | 136 | 34 | 0,99 | 0 |
| Březen | 1 400 | 350 | 0,99 | 0 |
| Celkem | 2 200 | 550 | - | 0 |

5.1.4.2 Vyhodnocení dodávky jalového výkonu při dodávce činného výkonu



obr. 5-5 Průměrné naměřené hodnoty dodávky jalového výkonu při dodávce činného výkonu za jednotlivé měsíce

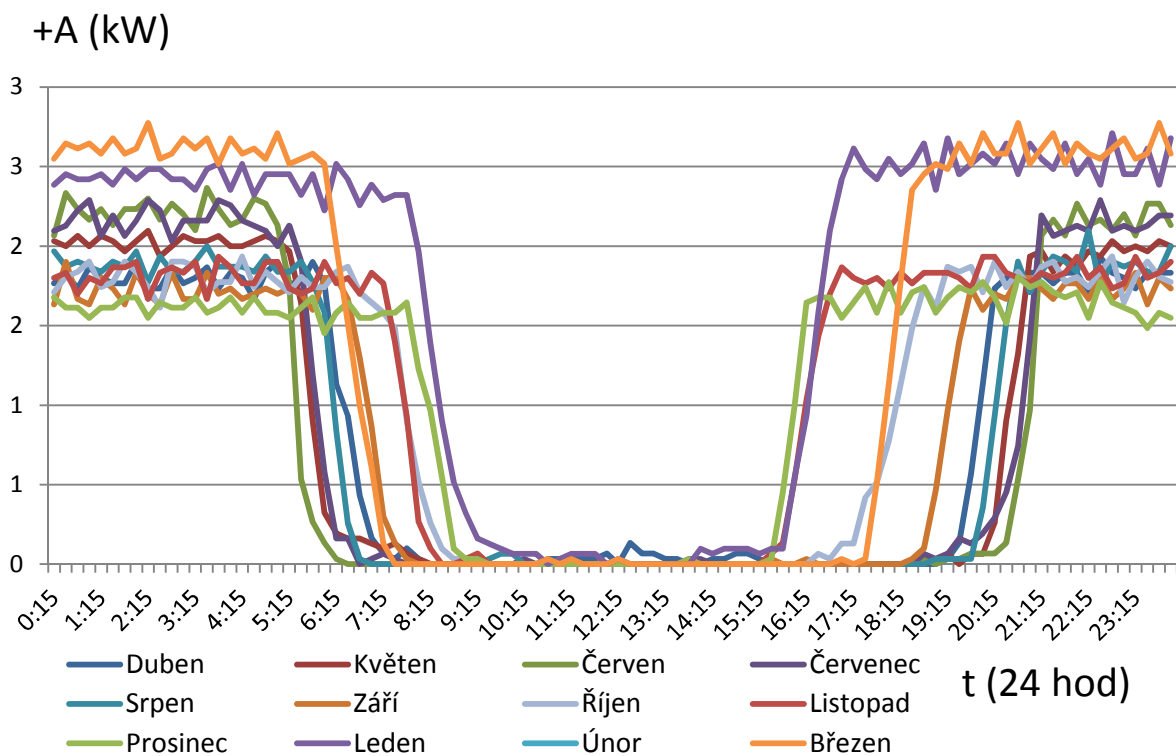
Z grafu na obr. 5-5 je patrná dodávka jalového výkonu induktivního charakteru. Naměřené a vynesené hodnoty jsou průměrné čtvrt hodinové. Nejvyšších hodnot je dosaženo v měsíci srpen, nejnižších v měsíci srpnu. Hodnoty účinníku povolené pro tento odběr jsou určeny PDS, standardně bývají $\cos \varphi = 0,98 - 1$. Hodnoty byly překročeny, tudíž penalizovány dle Cenového rozhodnutí ERÚ.

5.1.4.3 Přehled dodávky jalového výkonu při –A

tab. 5-3 Přehled dodávky jalového výkonu při dodávce činného výkonu i 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce, včetně penalizace

| -R_i | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------|
| Sledované období 04/2011 - 03/2012 | Součet průměrných 1/4h /kW/ | Součet průměrných 1h /kWh/ | $\cos \varphi$ 0,98-1 | Celkem Kč |
| Duben | 38 427 | 9 607 | 0,99 | 0 |
| Květen | 50 397 | 12 599 | 0,99 | 0 |
| Červen | 47 597 | 11 899 | 0,99 | 0 |
| Červenec | 55 809 | 13 952 | 0,99 | 0 |
| Srpen | 53 400 | 13 350 | 0,99 | 0 |
| Září | 31 099 | 7 775 | 0,99 | 0 |
| Říjen | 26 777 | 6 694 | 0,99 | 0 |
| Listopad | 23 698 | 5 925 | 0,98 | 0 |
| Prosinec | 16 092 | 4 023 | 0,97 | 295 |
| Leden | 14 763 | 3 691 | 0,99 | 0 |
| Únor | 15 960 | 3 990 | 0,99 | 0 |
| Březen | 18 442 | 4 611 | 0,99 | 0 |
| Celkem | 392 461 | 98 115 | | 295 |

5.1.5 Vyhodnocení odběru činného výkonu v závislosti na jednotlivých měsících v roce



obr. 5-6 Průměrné naměřené hodnoty odběru činného výkonu za jednotlivé měsíce

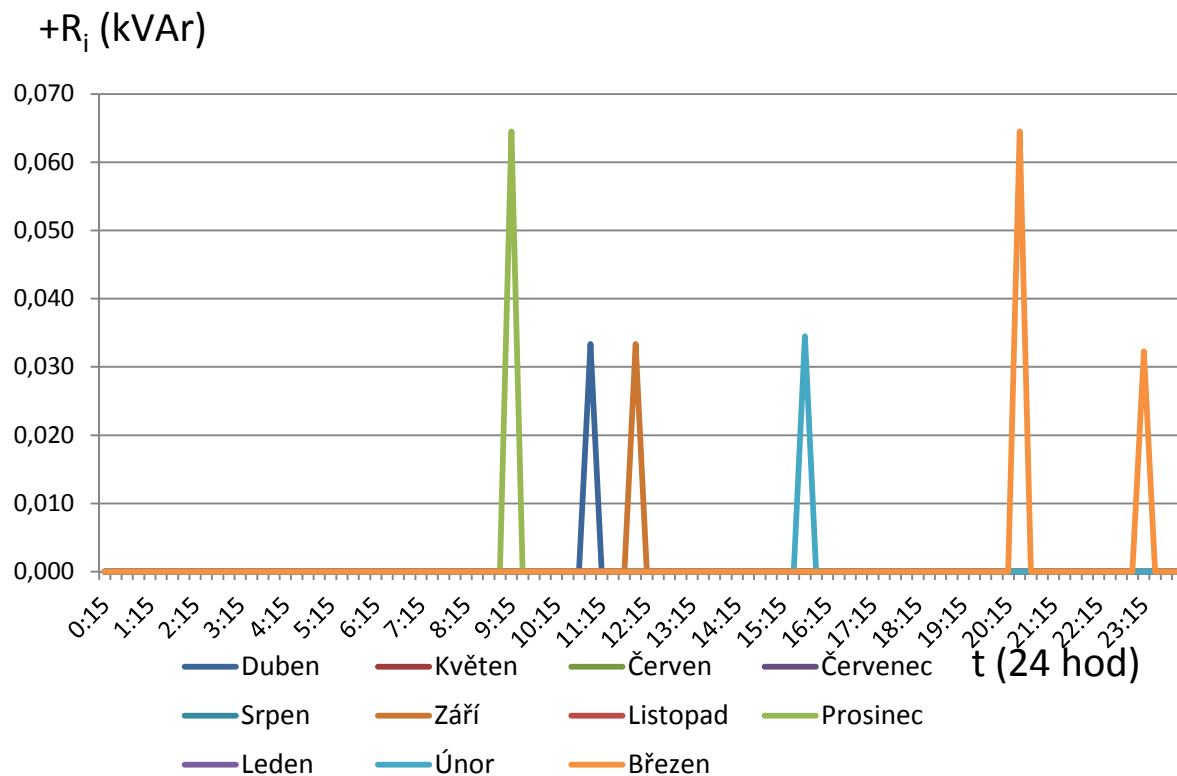
K odběru činného výkonu dochází minimálně, převážně v nočních hodinách, obr. 5-6, kdy výroba nedodává činný výkon. Jedná se o spotřebu technologie, různých provozních, zabezpečovacích a monitorovacích zařízení. Maximální odebíraný činný výkon je u všech měsíčních průměrů kolem 3kW.

5.1.5.1 Přehled odběru činného výkonu

tab. 5-4 Přehled odběru činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce

| +A | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Sledované období 04/2011 - 03/2012 | Součet průměrných 1/4h /kW/ | Součet průměrných 1h /kWh/ |
| Duben | 2 330 | 583 |
| Květen | 2 310 | 578 |
| Červen | 2 245 | 561 |
| Červenec | 2 443 | 611 |
| Srpen | 2 336 | 584 |
| Září | 2 444 | 611 |
| Říjen | 3 082 | 771 |
| Listopad | 3 389 | 847 |
| Prosinec | 3 331 | 833 |
| Leden | 4 952 | 1 238 |
| Únor | 4 501 | 1 125 |
| Březen | 4 059 | 1 015 |
| Celkem | 37 422 | 9 356 |

5.1.6 Vyhodnocení odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu



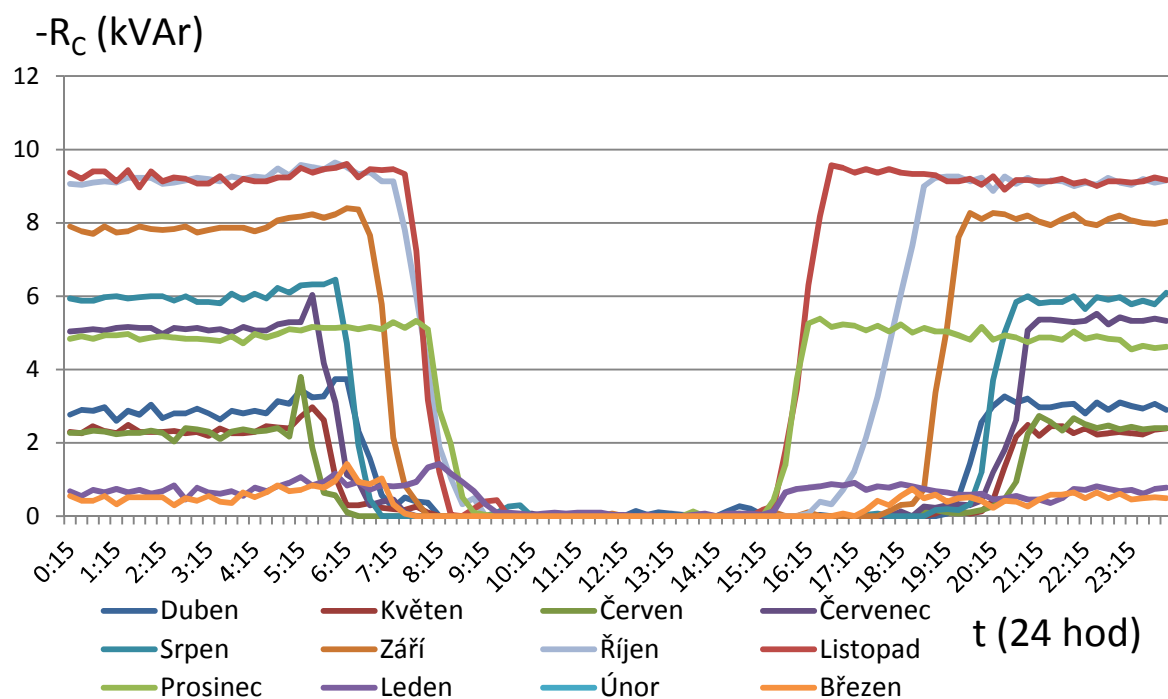
obr. 5-7 Průměrné naměřené hodnoty odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu za jednotlivé měsíce

Z grafu na obr. 5-7 je patrný odběr jalového výkonu induktivního charakteru. Naměřené a vynesené hodnoty jsou průměrné čtvrt hodinové. Nejvyšších hodnot je dosaženo v měsíci prosinci, nejnižších v měsících březnu a říjnu. Hodnoty účinníku povolené pro tento odběr jsou určeny PDS, standardně bývají $\cos \varphi = 0,95 - 1$. Hodnoty za jednotlivé měsíce byly splněny.

tab. 5-5 Přehled odběru jalového výkonu při odběru činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce, včetně penalizace

| +R_i | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------|
| Sledované období 04/2011 - 03/2012 | Součet průměrných 1/4h /kVAr/ | Součet průměrných 1h /kVArh/ | cos φ 0,95-1 | Celkem Kč |
| Duben | 1 | 0,25 | 0,99 | 0 |
| Květen | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Červen | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Červenec | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Srpen | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Září | 1 | 0,25 | 0,99 | 0 |
| Říjen | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Listopad | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Prosinec | 2 | 0,5 | 0,99 | 0 |
| Leden | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Únor | 1 | 0,25 | 0,99 | 0 |
| Březen | 3 | 0,75 | 0,99 | 0 |
| Celkem | 8 | 2 | | 0 |

5.1.7 Vyhodnocení dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu



obr. 5-8 Průměrné naměřené hodnoty dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu za jednotlivé měsíce

Z grafu na obr. 5-8 je patrná dodávka jalového výkonu kapacitního charakteru. Naměřené a vynesené hodnoty jsou průměrné čtvrt hodinové. Nejvyšších hodnot je dosaženo v měsíci listopadu, nejnižších v měsíci březnu. Hodnoty účinníku povolené pro tento odběr jsou určeny PDS, standardně bývají $\cos \varphi = 1$. Hodnoty za jednotlivé měsíce nebyly splněny a byly penalizovány dle Cenového rozhodnutí ERÚ.

tab. 5-6 Přehled dodávky jalového výkonu při odběru činného výkonu u 1 detailně sledované FVE za jednotlivé měsíce, včetně penalizace

| -R_c | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------|--------------|
| Sledované období 04/2011 - 03/2012 | Součet průměrných 1/4h | Součet průměrných 1h | cos φ 1 | Celkem Kč |
| Duben | 4033 | 1 008 | 0,5 | 443 |
| Květen | 2864 | 716 | 0,62 | 315 |
| Červen | 2604 | 651 | 0,65 | 286 |
| Červenec | 6227 | 1 557 | 0,36 | 685 |
| Srpen | 7610 | 1 903 | 0,29 | 837 |
| Září | 11609 | 2 902 | 0,2 | 1 276 |
| Říjen | 16025 | 4 006 | 0,18 | 1 762 |
| Listopad | 17639 | 4 410 | 0,18 | 1 940 |
| Prosinec | 10209 | 2 552 | 0,31 | 1 122 |
| Leden | 1671 | 418 | 0,94 | 183 |
| Únor | 1564 | 391 | 0,94 | 172 |
| Březen | 957 | 239 | 0,97 | 105 |
| Celkem | 83012 | 20 753 | - | 9 126 |

5.2 Posouzení negativních vlivů nesoudobosti dodávky činného výkonu

Nesoudobost dodávky činného výkonu u FVE klade velké nároky na regulaci ES. Obzvláště v lokalitách, kde jsou shromážděny velké počty elektráren s většími instalovanými výkony. Přestože elektrárny s výkony nad 630 kW jsou připojeny do sítí VN nebo VVN, přesto důsledky nárazových, nestabilních, tedy nevyžádaných dodávek jsou citelné pro DS. Z tohoto důvodu bylo v únoru 2010 pozastaveno připojování nových FVE do DS. Došlo k analyzování kapacity distribučních a přenosových sítí. Toto pozastavení trvalo až do začátku roku 2012, kdy se distribuční síť na několika úsecích ČR otevřela a začalo docházet k opětovnému povolování a připojování FVE do DS. Vlivem novely zákona o podpoře výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů, snížení výkupních cen a specifikace elektráren, kterým lze poskytnout podporu, omezilo se připojování FVE na max. výkon 30kW s umístěním na střešních konstrukcích nebo na obvodových pláštích budov. Dalším z důvodů, proč došlo v únoru 2010 k uzavření DS pro připojování FVE, byla skutečnost, že u elektráren nebylo technicky provedeno dálkové vypínání a řízení výkonů. Tato skutečnost přispěla takřka k nemožné regulaci FVE, a tedy bylo nutné predikovat dodávky do DS na základě předpovědí počasí v daných lokalitách a těmto dodávkám přizpůsobovat jiné výrobní zdroje nežli FVE. Havarijní stavy nebylo a zatím není možno řešit dálkovým odstavením výroby z dispečinku. Dovybavení stávajících výroben dálkovým řízením se připravuje ve dvou etapách podle velikosti instalovaných výkonů. Konec první etapy 30. 06. 2012, konec druhé etapy 30. 06. 2013. Situaci zhoršuje ta skutečnost, že dovybavení výroben jsou povinni provozovatelé zajistit na vlastní náklady, a řada provozovatelů na tyto nečekané výdaje nemá finanční prostředky. Na vyrobenou elektřinu byla státem

nasazena od 01. 01. 2011 do 31. 12. 2013 odvodní daň 26% pro povinný výkup a 28% pro zelený bonus, což tento problém ještě prohloubilo. Věříme, že po instalaci dálkového řízení činného i jalového výkonu, bude možno eliminovat některé negativní vlivy FVE na DS. Taktéž by se mohl uvolnit prostor pro malé FVE instalované na rodinných domech. I tyto malé výrobní při uzavření sítě nebylo možno připojovat, a to ani v případě, kdy výrobce by neuplatňoval nárok na povinný výkup nebo zelený bonus. V tomto případě by výroba sloužila převážně pro krytí spotřeby rodinného domu, ale s možností spojení k DS.

5.3 Posouzení negativních vlivů dodávky a odběru jalové energie

Dodávky a odběry jalových výkonů z DS mají negativní vlivy na zatížení ES a velikost napětí v dané lokalitě. Přestože dle ERÚ nedodržení účinníku a nevyžádaná dodávka jalového výkonu jsou dle cenového rozhodnutí zpoplatněny, i přesto nezřídka k těmto odběrům a dodávkám dochází, a to nedostatečným technickým řešením kompenzace, kdy regulátory nejsou dostatečně rychlé ve změnách výkonů, a proto dochází k nevyrovnání induktivní a kapacitní složky jalového výkonu. Řada firem se touto problematikou začala nyní aktivně zabývat, na trhu jsou velice výkonné regulátory, avšak o instalaci sofistikovanějších regulátorů provozovatelé FVE nemají zájem, jelikož poplatky za nedodržení účinníku a nevyžádanou dodávku jalového výkonu jsou mizivé oproti výdělům z dodávky činného výkonu. Již zmiňovaná odvodní daň zatížila provozovatele natolik, že další investice do zařízení elektrárny velmi omezují. Uvedením do provozu dálkového řízení od výše zmiňovaných termínů, bude umožněno řízení jalového výkonu a tedy lepší stabilita napětí v dané lokalitě a tedy i v ES.

Nutno podotknout, že při dálkovém omezení výrobní PDS, náleží provozovateli finanční náhrada za nedodanou elektřinu. Jak se bude stanovovat výše nedodané elektřiny a tedy s tím spojena finanční náhrada zatím není přesně stanoveno.

6 Závěr

Pro stanovení soudobosti dodávaného činného výkonu do ES ČR byl analýzou naměřených dat z FVE za období 01. 04. 2011 – 31. 03. 2012 zjištěn počet a druh oblačností nad ČR. Tyto počty oblačností a jejich druhy mají zásadní podíl na velikosti a soudobosti dodávky činného výkonu. Z analýzy lze usoudit, že maximální výkon dodávaný z FVE do elektrizační soustavy je v průměru 65% instalovaného výkonu, což je zhruba 1280 MW a objevuje se během roku zhruba 57 krát. Minimální výkon dodávaný do elektrizační soustavy je zhruba 490 MW a objevuje se během roku zhruba 67 krát. Výše uvedené hodnoty získané analýzou naměřených dat z FVE byly překontrolovány podle statistiky ČHMÚ, kde počet oblačností byl takřka totožný. Jasno 53x, zataženo 64x [10].

Otázek ohledně stále se zlepšujícího chodu a optimalizaci provozu FVE by mohlo být mnoho. Jednak je to tím, že při budování slunečních elektráren u nás nebyla znalost této problematiky na vysoké úrovni, s rozšiřující se, až masovou, instalací v roce 2009 a 2010 začaly do tohoto odvětví vstupovat i firmy s menšími odbornými znalostmi a tudíž nyní máme v provozu i zařízení, která je nutno analyzovat a optimalizovat jejich provoz tak, aby měla co nejmenší negativní vliv na DS i ES.

Nejen nesoudobost dodávky činného výkonu, nedodržení účinníku a nevyžádaná dodávka jalového výkonu má negativní vliv na ES.

Další negativní účinky na DS (zpětné vlivy) může mít nedodržena kvalita napětí dle ČSN EN 50160. Tato norma pojednává jak dosáhnout požadované kvality a jaké veličiny měřit a kontrolovat u výroby. Měření se provádí měřicím přístrojem (MEG 30, MEG 31), napojeným převážně v místě instalování MTP a MTN výroby. Doba monitorování je cca jeden týden. Na základě naměřených veličin se stanoví případné negativní vlivy na DS, což je také zajímavé téma pro budoucí diplomovou práci.

Ještě jednou bych rád zmínil, že získání naměřených dat byla půl roční záležitost, neuvěřitelně náročného oslovování, jednání, nabízení, někdy až přílišného přesvědčování. Jsem rád, že se mi nakonec podařilo naměřená data získat a myšlenku analyzovat soudobost dodávky činného výkonu FVE do elektrizační soustavy ČR zrealizovat.

7 Seznam literatury

- [1] NASA Surface meteorology and Solar Energy [online]. 2011-[cit. 2011-02-16] Available from: <<http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&step=1&submit=Submit>>
- [2] Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps [online]. 2011-[cit. 2011-03-20] Available from: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>>.
- [3] KREJCI, P., PROKOP, L., MISAK, S. Analysis of Long Time WPP Power Flows Measurement. In Rusek, S., Gono, R. (Eds.). 10th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2009. 2009, ISBN 978-80-248-1947-1, p. 373-378
- [4] www.cez.cz
- [5] www.cezdistribuce.cz
- [6] www.pre.cz
- [7] www.eon.cz
- [8] www.eru.cz
- [9] <http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer>
- [10] <http://www.in-pocasi.cz/archiv/index.php>
- [11] <http://www.odbornaliteratura.cz>
- [12] <http://www.elcom.cz>
- [13] <http://www.wikipedie.cz>

Přílohy

- Příloha č. 1 Datový list - Monokrystalické moduly HB-TECH 180W
- Příloha č. 2 Datový list - REFUSOL 15K 17,5kW
- Příloha č. 3 Statistika ČHMÚ – frontální přechody přes území ČR
- Příloha č. 4 Hybridní regulátor jalového výkonu

HBS-XXX-72-5-012



SOLAR-POWER

Monokrystalines Photovoltaik-Modul

HBS-180-72-5-012, HBS-185-72-5-012

Hoher Qualitätsstandard

Die monokrystallinen Solarzellen sind in UV-beständigen EVA-Kunststoff eingebettet. Der verwindungssteife Modulrahmen besteht aus eloxierten und korrosionsbeständigem Aluminium. Durch die stabile Bauweise kann das Modul auf vielfältige Weise montiert werden. Die Frontseite des Photovoltaik-Moduls besteht aus thermisch vorgespanntem Solarglas. Dieses garantiert einerseits eine hohe Lichtdurchlässigkeit und schützt andererseits die monokrystallinen Solarzellen vor äußeren Witterungseinflüssen wie Hagel, Schnee und Eis.

Modultypen

| Leistung (W_p) * | 180 W | 185 W |
|--------------------------------|----------------|----------------|
| Nennspannung (V_{mpp}) | 37,00 V | 37,10 V |
| Nennstrom (I_{mpp}) | 4,86 A | 5,01 A |
| Leerlaufspannung (V_{oc}) | 45,40 V | 45,40 V |
| Kurzschluss-Strom (I_{sc}) | 5,23 A | 5,27 A |
| Moduleffizienz | $\geq 14,1 \%$ | $\geq 14,5 \%$ |

* Nennleistung (+/- 3%) unter Standard Testbedingungen (STC)

Elektrische Daten

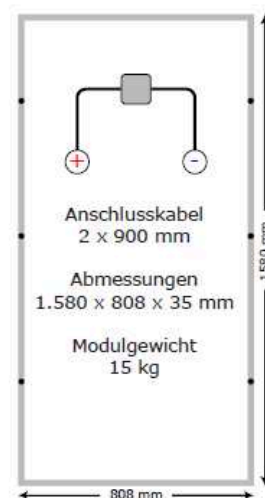
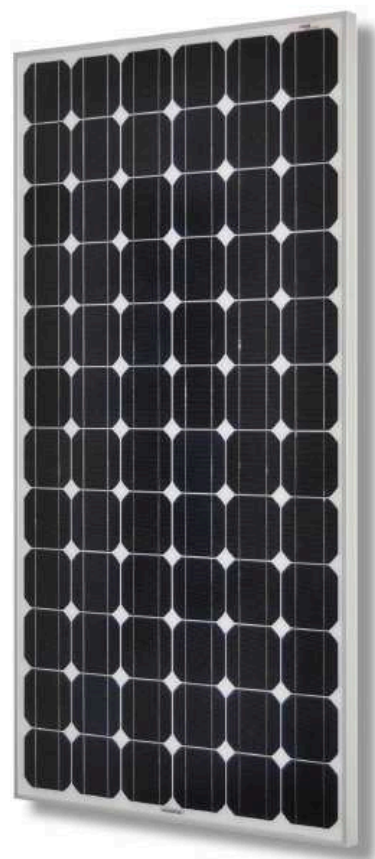
| | |
|---|--------------------------------|
| NOCT (800 W/m ² ; 1 m/sec; 20°C) | 47°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) |
| Temperaturkoeffizienten der Zellen | |
| Kurzschlußstrom (I_{sc}) | + 0,10 %/K |
| Leerlaufspannung (U_{oc}) | - 0,38 %/K |
| Leistung (P_{max}) | - 0,47 %/K |
| Max Systemspannung (U_{max}) | 1.000 V |

Mechanische Daten

| | |
|-----------------|--|
| Zelltyp | Monokrystallines Silizium |
| Zellenzahl | 72 (6 x 12) |
| Zellengröße | 125 x 125 mm |
| Länge | 1.580 mm |
| Breite | 808 mm |
| Rahmendicke | 35 mm |
| Gewicht | 15 kg |
| Rahmenmaterial | Aluminium |
| Anschlüsse | MC-4 |
| Bypassdioden | 3 Stück |
| Hagelfestigkeit | Stahl-Ball, der aus 1m Höhe runter fällt |

Garantien

| | |
|-------------------|---------------------------------|
| Produktgarantie | 5 Jahre |
| Leistungsgarantie | 10 Jahre auf 90 % |
| Leistungsgarantie | 25 Jahre auf 80 % |
| Testzertifikat | TÜV Rheinland IEC-61215, -61730 |





REFU
SOL
The Driving Force



Spitzentechnik für höchste Erträge
Advanced Technology for Highest Yields

Der Gedanke, Verschwendung zu eliminieren, wurde mit der Solarwechselrichterreihe REFUSOL der REFU Elektronik GmbH optimal umgesetzt. Um einen möglichst hohen Ertrag zu gewährleisten, werden mit einer neuen, hoch effizienten Schaltungstopologie beachtliche Wirkungsgrade über einem breiten Eingangsspannungsbereich verwirklicht:

Spitzenwirkungsgrad über 98%
Europ. Wirkungsgrad bei
380..800V(DC) >97%



The idea to eliminate the waste of energy was optimally achieved when REFU Elektronik GmbH manufactured the solar inverter series REFUSOL. In order to maximize revenues, we have achieved an impressive grade of efficiency over a wide input voltage range with a new high innovative circuit topology:

Top efficiency over 98%
European efficiency at
380..800V(DC) >97%



Diese Spitzenwirkungsgrade in Verbindung mit

- einem innovativen MPP-Tracking,
- einem hervorragenden Teillastwirkungsgrad,
- einer ressourcenschonenden, kompakten und sehr zuverlässigen Bauweise

führen zu **deutlich erhöhten Erträgen** jeder PV-Anlage.

Allein der im Vergleich zum Marktdurchschnitt um 3 Prozentpunkte erhöhte europ. Wirkungsgrad bringt pro 15kW-Gerät **einen Mehrertrag von ca. 200 €/Jahr**. Über diese Mehreinnahmen bezahlt sich der REFUSOL 15K im Laufe seiner Lebensdauer praktisch selbst!

These degrees of top efficiency combined with

- an innovative MPP tracking,
- an outstanding part-load efficiency,
- a resource saving, compact and highly reliable design

will result in **remarkably high proceeds** on each PV installation.

Just the European efficiency alone, which is 3 percent higher than the usual market average, provides an **additional yield of around € 200 per year** with a 15kW-unit. Owing to this additional yield, the REFUSOL 15K unit actually pays for itself in the course of its operating life.

Technische Daten

Technical data

| | REFUSOL 10K | REFUSOL 11K |
|--|--|-------------|
| DC Daten / DC data | | |
| Max. PV-Leistung / Max. PV-Power | 11,7 kW | 13 kW |
| MPPT-Bereich / MPPT-Range | 380 - 800 V | 380 - 800 V |
| Max. DC Spannung / Max. DC Voltage | 900 V | |
| Max. DC Strom / Max. DC current | 29 A | 29 A |
| MPP Tracking / MPP tracking | Schnelles, präzises MPP-Tracking / Fast, precise MPP tracking | |
| Interner Überspannungsschutz / Internal overvoltage protection | Typ 3 / Type 3 | |
| | | |
| AC Daten / AC data | | |
| AC-Bemessungsleistung / Rated AC-Power | 10 kW | 11 kW |
| AC max. Leistung / Max. AC-Power | 11 kW | 12,1 kW |
| AC Netzanschluss / AC grid connection | 3AC400V + N, 50 - 60 Hz | |
| cos phi | 1 | 1 |
| Max. AC Strom / Max. AC current | 18 A | 18 A |
| Klirrfaktor THD / Distortion factor THD | <2,5% | <2,5% |
| Max. Wirkungsgrad / Max. efficiency | 97,8% | 98% |
| Europ. Wirkungsgrad / Efficiency | 97,4% | 97,5% |
| Einspeisung ab / Infeed as from | 20 W | |
| Eigenverbrauch Nacht / Internal consumption in night operation | <0,2 W | <0,2 W |
| Interner Überspannungsschutz / Internal overvoltage protection | Typ 3 / type 3 | |
| | | |
| Kühlung, Umgebungsbedingungen, EMV / Cooling, ambient conditions, EMC | | |
| Kühlung / Cooling | Natürliche Konvektion / Natural convection | |
| Umgebungstemperatur / Ambient temperature | -25...+55°C | |
| Aufstellhöhe / Site altitude | Bis 2000m ü. NN / Up to 2000m above sea level | |
| Geräusch / Noise | <45dBa | |
| Störaussendung / Emitted interference | EN61000-6-4: 2007 | |
| Zertifikate / Certificates | CE (UL und CSA in Vorbereitung) / CE (UL and CSA in preparation) | |
| Störfestigkeit / Interference immunity | EN 61000-6-2: 2005 | |
| Umweltklassen / Environmental classif. | 4K4H nach DIN IEC 721-3-3 | |
| FNS / SZS | nach VDE0126-1-1 / acc. to VDE0126-1-1 | |
| | | |
| Mechanik / Mechanics | | |
| Schutzart / Type of protection | IP65 nach EN 60529 / IP65 as per EN 60529 | |
| Abmessungen / Dimensions Breite / Höhe / Tiefe / Width / Height / Depth | 520 mm / 530 mm / 270 mm | |
| Gewicht / Weight | 38 kg | 38 kg |

1 Statistika ČHMÚ – frontální přechody

Čas přechodu fronty: ve světovém čase (UTC) s přesností na 1 hodinu

Typ fronty: **teplá (T)**, **studená (S)**, okluzní (O)

Směr: odkud fronta postupuje (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)

Intenzita fronty: slabá (W), střední (M), silná (S)

| měsíc | datum | čas | typ | směr | Intenzita |
|-------------|-------|-----|----------|------|-----------|
| DUBEN 2011 | 2. | 03 | T | W | M |
| | 4. | 02 | S | W | M |
| | | 09 | S | W | S |
| | 5. | 02 | O | W | W |
| | | 15 | O | W | W |
| | 6. | 11 | T | W | M |
| | 7. | 11 | S | NW | W |
| | | 15 | S | NW | M |
| | 8. | 14 | T | NW | M |
| | | 17 | S | NW | M |
| | 11. | 14 | T | NW | W |
| | 12. | 00 | S | NW | W |
| | | 07 | S | NW | S |
| | 27. | 19 | T | E | M |
| KVĚTEN 2011 | 1. | 05 | S | NE | M |
| | 2. | 13 | S | NW | M |
| | 8. | 09 | O | E | W |
| | 10. | 21 | O | W | W |
| | 12. | 14 | S | NW | M |
| | 14. | 10 | O | SW | M |
| | | 19 | S | NW | M |
| | 16. | 21 | O | W | W |
| | 17. | 17 | S | W | W |
| | 19. | 17 | S | W | M |
| | 22. | 16 | S | W | M |
| | 23. | 02 | S | W | M |
| | 24. | 15 | S | W | M |
| | | 17 | S | W | M |
| | 26. | 09 | T | SW | W |
| | | 20 | S | W | M |
| | 29. | 14 | T | W | W |
| | 31. | 14 | S | W | M |
| ČERVEN 2011 | 3. | 10 | T | E | W |
| | 5. | 22 | S | SW | W |
| | 6. | 13 | O | S | M |
| | 8. | 01 | O | S | W |
| | | 14 | S | W | M |
| | | 18 | S | NW | M |

| | | | | | |
|------------------|-----|----|---|----|---|
| | 11. | 12 | O | W | M |
| | 13. | 15 | O | W | W |
| | 14. | 18 | S | NW | M |
| | 15. | 15 | O | W | M |
| | 16. | 21 | O | W | M |
| | | 22 | S | W | M |
| | 17. | 23 | O | W | M |
| | 20. | 17 | O | W | M |
| | 22. | 09 | T | S | M |
| | | 16 | S | W | M |
| | 30. | 05 | S | NW | M |
| ČERVENEC 2011 | 3. | 05 | O | N | M |
| | 4. | 09 | O | N | M |
| | 6. | 12 | O | W | M |
| | 7. | 23 | O | W | M |
| | 9. | 07 | T | SW | W |
| | | 11 | S | SW | W |
| | 10. | 21 | O | W | S |
| | 13. | 19 | O | W | S |
| | | 23 | S | W | M |
| | 17. | 01 | T | SW | W |
| | | 17 | S | W | M |
| | 19. | 23 | O | S | M |
| | 20. | 04 | O | SW | M |
| SRPEN 2011 | 3. | 22 | O | W | M |
| | 5. | 04 | O | SW | M |
| | 7. | 01 | S | SW | M |
| | | 03 | S | W | M |
| | | 12 | S | W | M |
| | 11. | 07 | T | W | M |
| | | 22 | S | W | M |
| | 14. | 07 | T | SW | M |
| | | 18 | S | W | M |
| | 16. | 10 | O | W | W |
| | 18. | 08 | T | S | W |
| | 19. | 03 | S | SW | M |
| | | 07 | S | W | M |
| | | 14 | S | NW | M |
| | 21. | 13 | T | SW | W |
| | | 16 | S | SW | M |
| | 23. | 09 | T | S | W |
| | | 22 | S | SW | M |
| | 24. | 22 | O | SW | M |
| | 27. | 01 | S | W | M |
| ZÁŘÍ 2011 | 2. | 21 | T | W | W |
| | 4. | 23 | S | W | M |
| | 6. | 22 | O | W | M |
| | 7. | 07 | S | W | M |
| | | 11 | S | W | M |

| | | | | | |
|---------------|-----|----|---|----|---|
| | 9. | 22 | T | W | M |
| | 10. | 20 | T | SW | M |
| | 11. | 19 | S | W | M |
| | 13. | 04 | S | W | W |
| | 17. | 00 | O | W | M |
| | | 18 | T | S | W |
| | 18. | 00 | S | SW | M |
| | | 12 | S | W | M |
| | | 16 | S | W | M |
| | 21. | 18 | S | W | W |
| | 22. | 10 | S | W | W |
| | 27. | 14 | S | NW | M |
| ŘÍJEN 2011 | 3. | 21 | S | NW | W |
| | 4. | 08 | T | W | W |
| | | 17 | S | NW | W |
| | 5. | 18 | T | W | M |
| | 6. | 21 | S | NW | S |
| | 10. | 02 | O | W | M |
| | | 15 | T | W | M |
| | 11. | 05 | S | W | W |
| | 12. | 01 | S | NW | S |
| | 18. | 09 | T | W | M |
| | | 22 | S | W | S |
| | 25. | 18 | T | S | M |
| | | 23 | S | SW | M |
| LISTOPAD 2011 | 27. | 19 | O | W | W |
| | 30. | 01 | O | W | M |
| | 1. | 15 | S | SW | W |
| | 10. | 05 | S | NE | W |
| | 14. | 03 | T | NW | W |
| | | 14 | S | N | W |
| | 17. | 02 | T | W | W |
| | | 05 | S | W | W |
| | 19. | 18 | O | SW | W |
| | 25. | 00 | T | W | W |
| | | 15 | S | W | W |
| | | 20 | S | W | M |
| | 27. | 00 | T | W | M |
| | | 14 | S | NW | M |
| | 29. | 04 | T | SW | W |
| | | 13 | S | SW | W |
| | 30. | 03 | S | W | M |
| PROSINEC 2011 | 1. | 08 | T | SW | M |
| | | 15 | S | W | W |
| | | 21 | T | SW | W |
| | 2. | 18 | S | W | M |
| | 3. | 15 | O | W | M |
| | 4. | 10 | T | W | M |
| | | 13 | S | W | M |

| | | | | | |
|------------|-----|----|---|----|---|
| | 5. | 01 | T | W | S |
| | | 03 | S | W | S |
| | 6. | 01 | T | W | M |
| | 7. | 06 | S | W | M |
| | | 14 | S | W | M |
| | 9. | 01 | O | W | M |
| | | 03 | O | W | M |
| | | 09 | T | W | M |
| | 11. | 18 | S | SW | W |
| | 12. | 13 | S | W | M |
| | 13. | 13 | O | W | M |
| | 14. | 11 | S | SW | M |
| | | 16 | S | W | M |
| | 15. | 09 | S | SW | M |
| | 16. | 11 | O | SW | M |
| | 20. | 15 | O | W | M |
| | 21. | 03 | S | NW | M |
| | 23. | 03 | T | W | M |
| | 24. | 00 | S | W | M |
| | | 11 | S | NW | M |
| | 25. | 14 | O | W | M |
| | 26. | 03 | T | W | M |
| | 27. | 14 | S | NW | W |
| | 28. | 08 | T | SW | W |
| | 29. | 00 | S | W | M |
| | 30. | 04 | O | NW | M |
| | | 08 | S | NW | M |
| | 31. | 23 | O | W | M |
| LEDEN 2012 | 1. | 13 | O | W | M |
| | 2. | 01 | T | SW | W |
| | | 14 | S | W | M |
| | | 18 | S | W | M |
| | 3. | 16 | T | SW | W |
| | | 18 | S | SW | W |
| | 4. | 02 | S | W | M |
| | 5. | 06 | O | W | S |
| | | 11 | S | NW | M |
| | 7. | 06 | O | W | W |
| | | 12 | O | NW | M |
| | 9. | 19 | T | NW | M |
| | | 21 | S | W | W |
| | 11. | 09 | T | W | W |
| | | 13 | S | NW | M |
| | 12. | 09 | T | W | W |
| | | 21 | S | NW | S |
| | 16. | 16 | T | NW | M |
| | 17. | 01 | S | N | M |
| | 19. | 00 | O | O | M |
| | 20. | 07 | S | S | M |

| | | | | | |
|-------------|-----|----|---|----|---|
| | 21. | 15 | O | O | S |
| | | 20 | S | S | M |
| | 22. | 18 | O | O | M |
| | 23. | 00 | O | O | M |
| | 27. | 13 | O | O | W |
| ÚNOR 2012 | 7. | 11 | T | E | M |
| | 8. | 07 | S | NE | M |
| | 13. | 04 | O | NW | M |
| | 14. | 20 | O | NW | M |
| | 15. | 04 | O | NW | S |
| | | 07 | S | NW | M |
| | 17. | 02 | T | NW | M |
| | | 04 | S | NW | M |
| | 18. | 20 | T | W | M |
| | 19. | 00 | S | W | M |
| | | 11 | S | NW | M |
| | 21. | 03 | T | W | W |
| | | 11 | S | W | M |
| | 22. | 03 | T | W | M |
| | 23. | 03 | S | W | M |
| | 24. | 01 | T | W | M |
| | | 19 | S | NW | M |
| | 28. | 01 | O | W | M |
| | | 15 | T | NW | S |
| | 29. | 04 | S | NW | M |
| | | 18 | T | SW | M |
| BŘEZEN 2012 | 1. | 06 | T | NW | W |
| | | 14 | S | NW | W |
| | 2. | 14 | S | N | W |
| | 4. | 01 | O | W | M |
| | | 10 | O | E | W |
| | 5. | 18 | O | SW | W |
| | 6. | 09 | O | NE | W |
| | 8. | 01 | O | W | M |
| | 10. | 05 | T | NW | W |
| | | 13 | S | NW | M |
| | 11. | 03 | S | NW | M |
| | 12. | 06 | T | NW | W |
| | 13. | 05 | S | NW | W |
| | 15. | 22 | T | W | M |
| | 17. | 17 | S | SW | W |
| | 18. | 16 | S | W | M |
| | 20. | 17 | S | NW | W |
| | 25. | 04 | S | W | W |
| | 27. | 10 | T | NW | W |
| | 28. | 10 | T | NW | W |
| | 29. | 02 | S | NW | M |
| | 31. | 03 | T | NW | M |
| | | 13 | S | NW | S |



STELCOM-h®

Hybridní plynulý regulátor jalového výkonu
pro fotovoltaické elektrárny o výkonu nad 100 kWp

Aktivní prvek inteligentních sítí (Smart Grids)



Princip hybridního regulátoru:

- Kombinace aktivního a pasivního generování jalového proudu.

Možné způsoby regulace:

- na pevnou hodnotu zadaného účinníku $\cos \varphi$
- na hodnotu účinníku $\cos \varphi = f(P)$
- na zadanou hodnotu jalového výkonu
- na zadanou hodnotu napětí
- na charakteristiku $Q(U)$

Dimenzování:

- Zařízení STELCOM-h se dimenzuje podle výkonu transformátoru pro připojení FVE do distribuční soustavy. Regulátor má rezervu i na dekompenzaci nevyžádaného kapacitního výkonu při nízkém činném výkonu FVE.

Výkonová řada:

- Standardně je vyráběno ve výkonové řadě pro transformátory 100, 160, 200, 250, 315, 400, 630, 800, 1000, 1250 a 1600 kVA.

Komunikace:

- Komunikuje s libovolným řídicím systémem distribuční soustavy.

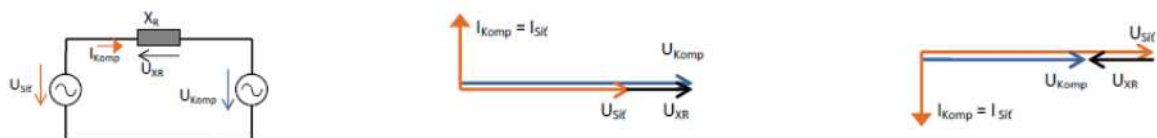
Regulátor splňuje "Pravidla pro provozování distribuční soustavy", Příloha 4.

Fyzikální problém masového nasazování rozptýlených zdrojů

Málokdo si uvědomuje fyzikální problém masového nasazování rozptýlených zdrojů elektrické energie do distribuční soustavy. Distribuční soustava a její regulace byla původně navržena na klasickou distribuci elektrické energie od definovaných zdrojů ke spotřebičům. V případě rozptýlených zdrojů elektrické energie a hlavně praktické nemožnosti ovlivnit výrobu v čase, vznikají problémy s regulací napětí v DS. Distribuční soustavu jako takovou, je nutno v budoucnosti přebudovat do tzv. Smart Grids (česky chytrá síť, lépe inteligentní rozvodná síť), která si sama poradí s rozptýlenou výrobou, akumulací a spotřebou elektrické energie. Budoucnost těchto sítí je zatím vzdálená, ale problém s regulací napětí v DS je některých případech nutno řešit už dnes. Jedna z možností je použít moderní výkonové elektronické zařízení - STELCOM-h, které můžeme považovat za jeden z prvních výkonových prvků budoucích Smart Grids.

Princip elektronického (de)kompensátoru jalového výkonu

Regulátor typu STELCOM je proudový zdroj, dodávající do sítě takovou velikost jalového proudu, aby byl docílen požadovaný účinek. Generování proudu je v principu zajištěno řízením napětového zdroje připojeného přes indukčnost do sítě. Regulátor je standardně třífázový. V případě potřeby ho lze modifikovat i na jednofázové provedení. Regulátor označený STELCOM-h je hybridní, tedy je doplněn kompenzačními kondenzátory a dekompenzačními tlumivkami spinanými stupňovitě. Elektronický měnič generuje pouze potřebný výkon tak, aby byla zachována dynamika a plynulost regulace.



Vektorové diagramy na obrázcích vycházející z náhradního schématu pomohou vysvětlit princip funkce regulátoru, kdy se jalový výkon řídí změnou amplitudy napětí kompenzátoru U_{komp} . Pokud je toto napětí vyšší než napětí sítě, vznikne na reaktanci X_R úbytek napětí se stejnou fází jako má napětí kompenzátoru a ze sítě teče kapacitní proud, kompenzátor se chová jako kondenzátor. Při napětí kompenzátoru nižším než je napětí sítě, je úbytek na reaktanci v opačném směru a také protékající proud má obrácený směr, tedy induktivní charakter.

Jak regulátor dimenzovat?

Správné nadimenzování jakéhokoliv zařízení je vždy důležité. Jednak aby systém perfektně fungoval a jednak aby splňoval i ekonomické požadavky, tedy co nejnižší možnou cenu a ztráty. Přesto, že je možné u každého typu regulátoru jalového výkonu STELCOM-h ve výrobní řadě uvádět výkon, je v tomto případě vhodnější uvést výrobní řadu vztaženou na příslušný výkon transformátoru, přes který je FVE připojena do sítě VN. Výkonová řada distribučních transformátorů je typizovaná a proto je k těmto transformátorům i sestavena výrobní řada zařízení STELCOM-h. Regulátor má i výkonovou rezervu na dekompenzaci nevyžádané dodávky kapacitního jalového výkonu při nízkém činném výkonu FVE, způsobené např. dlouhým kabelovým vedením.

Sestavení výrobní řady

Sestavení výrobní řady zařízení STELCOM-h má čistě praktický důvod. Projektanti nemusí složitě počítat potřebný jalový výkon a snažit se o cenovou optimalizaci, někdy se zbytečnými riziky, že nebude k dispozici výkonová rezerva. Jednoduše zvolí z výrobní řady podle výkonu distribučního (připojovacího) transformátoru a podle proudu a rozměrů rozváděčů vyprojektují připojení a umístění zařízení STELCOM-h do rozvodny FVE.

Je důležité, aby STELCOM-h byl umístěn co nejblíže k distribučnímu transformátoru a to kvůli nižšímu dimenzování přívodních vodičů k FVE a snížení ztrát ve vedení.

Výrobní řada STELCOM-h určená pro regulaci jalového výkonu FVE připojovaných do sítě VN

| Typ | 46-t100 | 73-t160 | 91-t200 | 115-t250 | 144-t315 | 181-t400 | 285-t630 | 362-t800 | 452-t1000 | 565-t1250 | 725-t1600 |
|--------------------------------|---|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Výkon transformátoru [kVA] | 100 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |
| Účinná hodnota [V] | 3 x 400 V | | | | | | | | | | |
| Proud [A] (při napětí 3x400 V) | 46 | 73 | 91 | 115 | 144 | 181 | 285 | 362 | 452 | 565 | 725 |
| Připojitelný výkon FVE [kWp] | 95 | 152 | 190 | 238 | 300 | 380 | 600 | 760 | 650 | 1190 | 1520 |
| Regulační rozsah [cos φ] | 0,95 kapacitní až 0,95 induktivní | | | | | | | | | | |
| Rychlost odezvy [ms] | Volitelný parametr (minimálně 20 ms) | | | | | | | | | | |
| Rozměry [mm] (2200 x 800 x 3) | 800 | 800 | 800 | 1200 | 1600 | 1600 | 2000 | 2000 | 2400 | 3200 | 3200 |
| Komunikační připojení | Ethernet, GSM, případně RS485 pro diagnostiku | | | | | | | | | | |
| Provedení | Vnitřní (volitelně venkovní) | | | | | | | | | | |
| THD proudu [%] | < 5% | | | | | | | | | | |

Doplňující funkce elektronického regulátoru

- Regulace cos φ** - Zařízení typu STELCOM je v podstatě výkonový generátor proudu s možností regulace jeho velikosti a směru toku proudu 1. harmonické v oblasti kapacitní nebo induktivní. Jeho základní vlastnost je tedy regulace účinnosti cos φ.
- Filtrace harmonických** - Další doplňující funkce zařízení STELCOM pak více souvisí s celkovými požadavky na kvalitu napětí v síti. V případě, že je napětí sítě zkresleno harmonickými, pak je možné pomocí rozšířené funkce STELCOMu přejít do potlačení některých harmonických a tím vylepšit tzv. opravdový účinnost λ. Zařízení se pak chová současně jako paralelní aktivní filtr, který eliminuje deformační výkon v síti.
- Snižování flikru** - Jednou z doplňujících funkcí zařízení STELCOM je možnost zmírnění flikru (blikání) v napájecí síti. Sofistikovaný systém regulace ve sledovaném uzlu sítě umožňuje v rámci výkonových možností daného zařízení zmírnit nepříjemný flikr a tím splnit provozovateli DS např. jednu z podmínek standardu ČSN EN 50160.
- Symetrizace proudu** - Poslední doplňující funkce zařízení STELCOM je možnost zajistit symetrii odebíraného proudu. To může mít např. velký význam u FVE, které se skládají z většího počtu jednofázových měničů. Zde je pak vhodné využít tuto doplňující funkci k dodatečnému zajištění symetrického odběru proudu v třífázové soustavě.
- Stabilita napětí** - Je zřejmé, že všechny předchozí vlastnosti v souhrnu znamenají vylepšení kvality napětí v napájecí síti.

Podklady pro projektanty je možno nalézt na www.elcom.cz



E0111258